

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)



REC'D 25 FEB 2004

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung
einer Patentanmeldung**

Aktenzeichen: 102 57 672.6

Anmeldetag: 10. Dezember 2002

Anmelder/Inhaber: Infineon Technologies AG, 81669 München/DE

Bezeichnung: Flächen-Verkleidungsmodul, Flächen-Verkleidungsmodul-Anordnung und Verfahren zum Bestimmen eines Abstands von Flächen-Verkleidungsmodulen der Flächen-Verkleidungsmodul-Anordnung zu mindestens einer Referenzposition

IPC: E 04 F 13/08

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 27. Januar 2004
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

Hintermeier



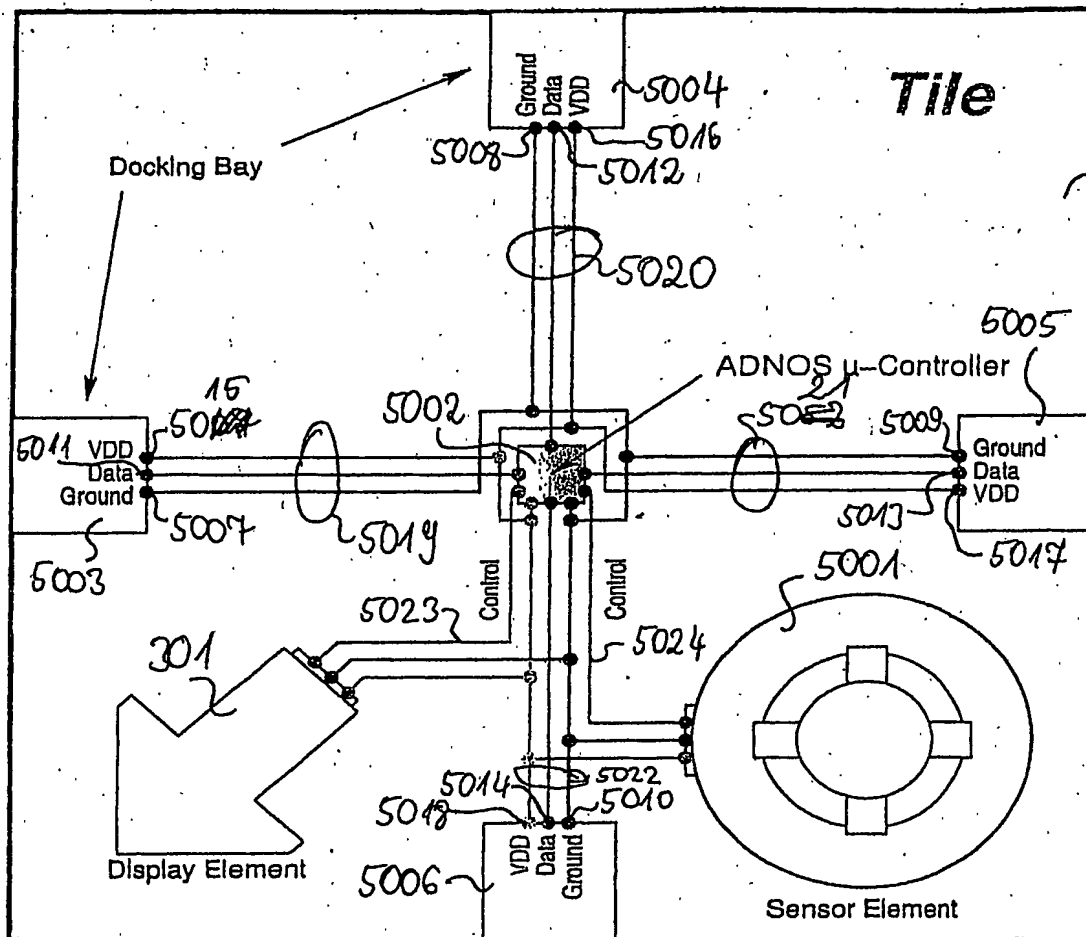
Zusammenfassung

Flächen-Verkleidungsmodul, Flächen-Verkleidungsmodul-
Anordnung und Verfahren zum Bestimmen eines Abstands von
5 Flächen-Verkleidungsmodulen der Flächen-Verkleidungsmodul-
Anordnung zu mindestens einer Referenzposition

Ein Flächen-Verkleidungsmodul weist einen
Stromversorgungsanschluss und eine Datenübertragungs-
10 Schnittstelle auf sowie einen Prozessor, der mit dem
Stromversorgungsanschluss und der
Datenübertragungsschnittstelle gekoppelt ist.

Signifikante Figur 50

FIG. 50



Beschreibung

Flächen-Verkleidungsmodul, Flächen-Verkleidungsmodul-
Anordnung und Verfahren zum Bestimmen eines Abstands von
5 Flächen-Verkleidungsmodulen der Flächen-Verkleidungsmodul-
Anordnung zu mindestens einer Referenzposition

Die Erfindung betrifft ein Flächen-Verkleidungsmodul, eine
Flächen-Verkleidungsmodul-Anordnung sowie ein Verfahren zum
10 Bestimmen eines Abstandes von Flächen-Verkleidungsmodulen der
Flächen-Verkleidungsmodul-Anordnung zu mindestens einer
Referenzposition.

In vielen Bereichen der Haustechnik und bei vielen
15 Messeaufbauten besteht das Bedürfnis, Sensorik und Aktorik,
vorzugsweise Anzeigeelemente, auf einfache Weise in Fußböden,
Wänden oder Decken zu verlegen. Dabei sollen Fußböden, Wände
oder Decken wahlweise oder in Kombination Berührung und/oder
Druck wahrnehmen können und auf die Existenz einer Berührung
20 und/oder eines Drucks mit einer optischen Anzeige oder einer
akustischen Anzeige reagieren.

Die benötigte großflächige Sensorik bzw. die großflächigen
Anzeigeeinheiten sollen auf einfache, kostengünstige und
25 fehlertolerante Weise angebracht und betrieben werden können.
Insbesondere soll die Installation der Sensorik bzw. Aktorik
auf vielfältige Größen und geometrische Formen von einem
Fußboden, einer Wand oder einer Decke anpassbar sein.

30 Zur Integration von Sensorik bzw. Aktorik in einen Fußboden,
eine Seitenwand oder die Decke eines Raumes ist es bekannt,
in einer kundenspezifischen Lösung die gewünschten Sensoren
bzw. Aktoren in den Fußboden, die Wand oder die Decke zu
verlegen.

35 Die Speziallösungen erfordern einen hohen planerischen
Aufwand, wobei jeweils noch bei der Planung des Gebäudes

genau anzugeben ist, an welchen Orten die jeweilige Sensorik bzw. Aktorik vorzusehen ist.

Ein weiterer Nachteil besteht bei einer solchen Speziallösung darin, dass jeder Sensor bzw. jeder Aktor individuell angesteuert wird und jeweils getrennt mit Stromleitungen und Datenleitungen versehen wird. Die Datenleitungen wurden einzeln oder über gesondert zu installierende Router zu einer zentralen Recheneinheit geführt. Ferner ist gemäß dem Stand der Technik eine komplexe Steuersoftware zum Ansteuern der jeweiligen Sensoren bzw. Aktoren erforderlich, welche auf die spezielle Geometrie der jeweiligen Speziallösung angepasst werden muss, um eine räumliche oder ebene Erfassung von Objekten, insbesondere von Personen zu ermöglichen.

Somit sind solche Speziallösungen für den Massenmarkt ungeeignet, da sie unflexibel und teuer sind.

Ferner ist in [1] eine fehlertolerante Architektur selbstorganisierender Anzeigefelder und Sensorfelder im Bereich der Mikroelektronik, anders ausgedrückt im Bereich eines Mikrosystems, bekannt.

Der Erfindung liegt das Problem zugrunde, auf einfache und kostengünstige Weise Elektronik in einen Fußboden, in eine Wand oder in eine Decke zu integrieren.

Das Problem wird durch ein Flächen-Verkleidungsmodul, eine Flächen-Verkleidungsmodul-Anordnung, durch ein Verfahren zum Bestimmen des Abstandes von Flächen-Verkleidungsmodulen der Flächen-Verkleidungsmodul-Anordnung zu mindestens einer Referenzposition mit den Merkmalen gemäß den unabhängigen Patentansprüchen gelöst.

Ein Flächen-Verkleidungsmodul weist mindestens einen Stromversorgungsanschluss, mindestens eine Datenübertragungsschnittstelle sowie mindestens eine Prozessoreinheit auf,

welche mit dem Stromversorgungsanschluss und mit der Datenübertragungs-Schnittstelle gekoppelt ist.

5 Anschaulich kann die Erfindung darin gesehen werden, dass ein Modul mit regulärem Aufbau zur Verkleidung einer Fläche, vorzugsweise eines Fußbodens, einer Wand oder einer Decke zusätzlich mit einer Prozessoreinheit zur elektronischen Datenverarbeitung versehen wird, welche Prozessoreinheit über einen ebenfalls vorgesehenen Stromversorgungsanschluss mit Strom versorgt werden kann und welche die zu verarbeitenden Daten mittels der Datenübertragungs-Schnittstelle zugeführt bekommt.

15 Anders ausgedrückt bedeutet dies, dass eine Prozessoreinheit in ein reguläres Bauelement zur Verkleidung einer Fläche eingebettet wird. Die einzelnen Flächen-Verkleidungsmodul stellen somit an sich unabhängige Einheiten dar, die jedoch aufgrund der zusätzlich vorgesehenen Komponenten in der Lage sind, in mehrere Flächen-Verkleidungsmodul in einer Flächen-Verkleidungsmodul-Anordnung über die Datenübertragungs-Schnittstelle elektronische Nachrichten auszutauschen und somit beispielsweise eine lokale Positionsbestimmung des jeweiligen Flächen-Verkleidungsmoduls innerhalb der Flächen-Verkleidungsmodul-Anordnung bzw. bezüglich einer vorgegebenen Referenzposition zu ermöglichen.

25 Somit wird sehr einfach für ein Flächen-Verkleidungsmodul es ermöglicht, dessen Position innerhalb einer Fläche ohne zusätzliche externe Information zu bestimmen.

30 Damit ist es für den Massenmarkt auf sehr einfache und kostengünstige Weise ermöglicht, jedes Flächen-Verkleidungsmodul an sich in gleicher Weise auszugestalten und bei der Verlegung der Flächen-Verkleidungsmodul trotz der zusätzlicher in diese integrierter Elektronik nicht darauf achten zu müssen, an welcher Position die jeweiligen Flächen-Verkleidungsmodul innerhalb der mit diesen bedeckten

Fläche angeordnet werden muss, damit das jeweilige Flächen-Verkleidungsmodul innerhalb der Flächen-Verkleidungsmodul-Anordnung eindeutig adressierbar ist.

5 Eine Flächen-Verkleidungsmodul-Anordnung weist eine Mehrzahl, vorzugsweise eine Vielzahl von Flächen-Verkleidungsmodulen auf, welche mittels des jeweiligen Stromversorgungsanschlusses und der jeweiligen Datenübertragungs-Schnittstelle miteinander gekoppelt sind.

10 Zum Bestimmen eines Abstandes von Flächen eines jeweiligen Flächen-Verkleidungsmoduls der Flächen-Verkleidungsmodul-Anordnung zu mindestens einer Referenzposition unter Austausch von elektronischen Nachrichten zwischen
15 Prozessoreinheiten einander benachbarter Flächen-Verkleidungsmodulen wird eine erste Nachricht von einer Prozessoreinheit eines ersten Flächen-Verkleidungsmoduls erzeugt, wobei die erste Nachricht eine erste
20 Abstandsinformation enthält, welche den Abstand des ersten Flächen-Verkleidungsmoduls oder den Abstand eines die erste Nachricht empfangenden zweiten Flächen-Verkleidungsmoduls von der Referenzposition enthält. Die erste Nachricht wird von der Prozessoreinheit des ersten Flächen-Verkleidungsmoduls zu der Prozessoreinheit des zweiten Flächen-Verkleidungsmoduls
25 gesendet und abhängig von der Abstandsinformation wird der Abstand des zweiten Flächen-Verkleidungsmoduls von der Referenzposition ermittelt oder gespeichert. Von der Prozessoreinheit des zweiten Verkleidungsmoduls wird ferner eine zweite Nachricht erzeugt, welche eine zweite
30 Abstandsinformation enthält, welche den Abstand des zweiten Flächen-Verkleidungsmoduls oder den Abstand eines die zweite Nachricht empfangenden dritten Flächen-Verkleidungsmoduls von der Referenzposition enthält. Die zweite Nachricht wird von der Prozessoreinheit des zweiten Flächen-Verkleidungsmoduls
35 zu der Prozessoreinheit des dritten Flächen-Verkleidungsmoduls gesendet. Abhängig von der zweiten Abstandsinformation wird der Abstand des dritten Flächen-

Verkleidungsmoduls von der Referenzposition ermittelt oder gespeichert. Die oben beschriebenen Verfahrensschritte werden für alle in der Flächen-Verkleidungsmodul-Anordnung enthaltenen und miteinander über die Datenübertragungs-Schnittstelle gekoppelten Flächen-Verkleidungsmodule durchgeführt.

Damit ist nach Durchführen dieses Verfahrens lediglich unter Verwendung lokaler Information die jeweilige Position jedes Flächen-Verkleidungsmoduls innerhalb der Flächen-Verkleidungsmodul-Anordnung und dessen Abstand zu mindestens einer Referenzposition ermittelt worden.

Anschaulich kann dieser Aspekt der Erfindung darin gesehen werden, dass eine für Mikrosysteme und dort für Mikro-Datenanzeigeeinrichtungen und Sensoren, entwickelte Architektur und dafür entwickelte Algorithmen auf die Makrosysteme für Haustechnik und Messtechnik übertragen worden ist, wobei die benötigten Prozessoreinheiten in die Flächen-Verkleidungsmodule, welche reguläre Bauelemente darstellen, eingebettet sind.

Auf diese Weise öffnet sich eine Fülle neuer Anwendungsmöglichkeiten, welche im Folgenden näher erläutert werden.

Die Referenzposition kann grundsätzlich beliebig sein, vorzugsweise ist die Referenzposition eine Position, an der sich ein im Weiteren beschriebener Portalprozessor befindet, welcher die Prozessoreinheiten in der Flächen-Verkleidungsmodul-Anordnung ansteuert und die Kommunikation von außerhalb der Flächen-Verkleidungsmodul-Anordnung anstößt. Die Referenzposition kann ferner eine Position innerhalb der Flächen-Verkleidungsmodul-Anordnung sein, wobei in diesem Fall vorzugsweise ein Flächen-Verkleidungsmodul an der Referenzposition angeordnet und dieser zugeordnet ist. Vorzugsweise befindet sich in diesem Fall die

Referenzposition am Rand, d.h. an der obersten oder untersten Zeile oder der linken oder rechten Spalte für den Fall, dass die Prozessoreinheiten in der Flächen-Verkleidungsmodul-Anordnung matrixförmig in Zeilen und Spalten angeordnet sind.

- 5 Die Übertragung von Information in oder aus der Flächen-Verkleidungsmodul-Anordnung erfolgt vorzugsweise mittels des Portalprozessors ausschließlich über zumindest einen Teil der sich am Rand der Flächen-Verkleidungsmodul-Anordnung befindenden Flächen-Verkleidungsmodule.

10

Anschaulich bedeutet diese Vorgehensweise, dass ausgehend von einer "Einleit-Prozessoreinheit" eines „Einleit-Flächen-Verkleidungsmoduls“ an der Referenzposition üblicherweise am Rand der Flächen-Verkleidungsmodul-Anordnung, das heißt an

15

einem bezüglich der Flächen-Verkleidungsmodul-Anordnung äußeren Modul, ein erster Abstand zugeordnet wird, beispielsweise der Abstandswert „1“, womit angegeben wird,

dass das Einleit-Flächen-Verkleidungsmodul einen Abstand „1“ von dem Portalprozessor aufweist. Für den Fall, dass jeweils

20

in der jeweiligen Nachricht der Abstand des Flächen-Verkleidungsmoduls mit der die Nachricht sendenden

Prozessoreinheit von der Referenzposition in die Nachricht eingefügt wird und an die die Nachricht zu empfangende

Prozessoreinheit übertragen wird, wird von der ersten

25

Prozessoreinheit der Abstandswert „1“ zu der zweiten Prozessoreinheit in der ersten Nachricht übermittelt und von der zweiten Prozessoreinheit wird der empfangene Abstandswert

um einen Wert „1“ inkrementiert. Der inkrementierte Wert „2“ wird nunmehr als aktualisierter zweiter Abstandswert der

30

zweiten Prozessoreinheit gespeichert. Der zweite Abstandswert wird um einen Wert „1“ inkrementiert und ein dritter

Abstandswert wird erzeugt und an die dritte Prozessoreinheit übertragen und dort gespeichert. Die entsprechende

Vorgehensweise wird für Prozessoreinheiten aller Flächen-

35

Verkleidungsmodule in entsprechender Weise durchgeführt und der einem Prozessor jeweils zugeordnete Abstandswert wird nach Empfang einer Nachricht mit einer Abstandsinformation

immer dann aktualisiert, wenn der empfangene Abstandswert kleiner ist als der gespeicherte Abstandswert.

Eine Flächen-Verkleidungsmodul-Anordnung weist eine Vielzahl von Flächen-Verkleidungsmodulen auf. Jedes Flächen-Verkleidungsmodul ist über eine bidirektionale Kommunikationsschnittstelle, der Datenübertragungs-Schnittstelle, mit mindestens einem ihm benachbarten Flächen-Verkleidungsmodul gekoppelt. Zum Ermitteln des jeweiligen Abstands eines Flächen-Verkleidungsmoduls der Flächen-Verkleidungsmodul-Anordnung von einer Referenzposition werden Nachrichten zwischen den Prozessoreinheiten der jeweiligen Flächen-Verkleidungsmodule ausgetauscht, vorzugsweise zwischen Prozessoreinheiten einander benachbarter Flächen-Verkleidungsmodule, wobei jede Nachricht eine Abstandsinformation enthält, welche den Abstand eines Flächen-Verkleidungsmoduls mit einer die Nachricht sendenden Prozessoreinheit oder einer die Nachricht empfangenden Prozessoreinheit, von der Referenzposition, angibt (auch als Abstandswert bezeichnet) und wobei jede Prozessoreinheit derart eingerichtet ist, dass aus der Abstandsinformation einer empfangenen Nachricht der Abstand des eigenen Flächen-Verkleidungsmoduls zu der Referenzposition ermittelbar oder speicherbar ist.

Aufgrund des Einsatzes lediglich lokaler Informationen und dem Austausch elektronischer Nachrichten insbesondere zwischen Prozessoren einander unmittelbar benachbarten Flächen-Verkleidungsmodulen ist die Vorgehensweise sehr robust gegenüber auftretenden Störungen und Ausfällen einzelner Flächen-Verkleidungsmodule oder einzelner Verbindungen zwischen zwei Flächen-Verkleidungsmodulen.

Bevorzugte Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen. Die im Weiteren beschriebenen Ausgestaltungen der Erfindung betreffen das erfindungsgemäße Verfahren sowie die erfindungsgemäße Prozessor-Anordnung.

Gemäß einer Ausgestaltung der Erfindung ist es vorgesehen, dass der Stromversorgungsanschluss und die Datenübertragungsschnittstelle in einen Steckverbinder integriert sind.

Die Datenverarbeitung kann elektronisch über in dem Flächen-Verkleidungsmodul enthaltene elektronische Leitungen oder optisch mittels in diese integrierte optische Leitungen erfolgen, wobei mindestens eine Stromleitung gemäß einer Ausgestaltung der Erfindung vorgesehen ist, welche die Prozessoreinheit mit dem Stromversorgungsanschluss koppelt und mindestens eine Datenleitung, welche, wie oben dargelegt, auch als optische Datenleitung eingerichtet sein kann, wobei mittels der Datenleitung die Prozessoreinheit mit der Datenübertragungs-Schnittstelle gekoppelt ist.

Das Flächen-Verkleidungsmodul kann ein Wand-Verkleidungsmodul, ein Fußboden-Verkleidungsmodul oder ein Decken-Verkleidungsmodul sein.

In diesem Zusammenhang ist anzumerken, dass die Erfindung nicht auf den Einsatz geschlossener Räume beschränkt ist, sondern die Flächen-Verkleidungsmodule können auch in einem Messeaufbau lediglich einen Fußboden, der nicht von Seitenwänden begrenzt ist, bedecken.

Gemäß einer Ausgestaltung der Erfindung ist das Flächen-Verkleidungsmodul eingerichtet als eine Fliese, als eine Kachel, als ein Parkettelement oder als ein Laminelement, mit dem jeweils eine Fläche bedeckt wird.

In das Flächen-Verkleidungsmodul kann zusätzlich mindestens ein Sensor integriert sein. Als Sensor kann ein Schallsensor, ein Drucksensor (beispielsweise Piezokristall-Sensor) ein Gassensor, ein Vibrationssensor, ein Verformungssensor oder ein Zug-Spannungssensor eingesetzt werden.

Gemäß einer anderen Ausgestaltung der Erfindung ist es vorgesehen, dass das Flächen-Verkleidungsmodul mindestens einen darin integrierten Aktor aufweist. Der Aktor ist beispielsweise eine bildgebende Einheit oder eine schallerzeugende Einheit, vorzugsweise eine Flüssigkeits-Kristall-Anzeigeeinheit oder eine Polymerelektronik-Anzeigeeinheit, allgemein jede Art von Anzeigeeinheit, oder ein Lautsprecher, der eine Schallwelle erzeugt, allgemein jedes eine elektromagnetische Welle erzeugendes Element, vorgesehen ist. Ein weiterer möglicher vorgesehener Aktor ist ein vibrationserzeugendes Element. Vorzugsweise sind die Kacheln Keramikkacheln oder feste Teppichfliesen, beispielsweise Kork-Fußboden-Elemente, alternativ ziegelartige Bauelemente, die in Analogie eines Legosteins zur Verkleidung einer Fläche verwendet werden.

Das Flächen-Verkleidungsmodul kann eine hexagonale Form aufweisen, in welchem Fall jedes Flächen-Verkleidungsmodul jeweils bis zu sechs benachbarte Flächen-Verkleidungsmodule aufweist, welche jeweils über eine bidirektionale Kommunikationsschnittstelle, in der Datenübertragungs-Schnittstelle, miteinander gekoppelt sind. Bei Einsatz hexagonal-förmiger Flächen-Verkleidungsmodule wird eine sehr hohe Packungsdichte innerhalb der Flächen-Verkleidungsmodul-Anordnung erreicht.

Alternativ kann das Flächen-Verkleidungsmodul jeweils eine rechteckige Form aufweisen, in welchem Fall jedes Flächen-Verkleidungsmodul jeweils bis zu vier benachbarte Flächen-Verkleidungsmodule aufweist, welche jeweils über eine bidirektionale Kommunikationsschnittstelle, der Datenübertragungs-Schnittstelle, miteinander gekoppelt sind.

Gemäß einer anderen Ausgestaltung der Erfindung werden vor dem Bestimmen des Abstandes der Flächen-Verkleidungsmodule von der Referenzposition die örtlichen Positionen der

Flächen-Verkleidungsmodule innerhalb der Flächen-Verkleidungsmodul-Anordnung ermittelt, indem ausgehend von einer Prozessoreinheit eines Flächen-Verkleidungsmoduls an einer Einleitstelle der Flächen-Verkleidungsmodul-Anordnung
5 jeweils Positionsermittlungs-Nachrichten, welche zumindest einen Zeilenparameter z und einen Spaltenparameter s aufweisen, welche die Zeilennummer bzw. Spaltennummer des Flächen-Verkleidungsmoduls mit der die Nachricht sendenden Prozessoreinheit oder die Zeilennummer bzw. Spaltennummer der
10 die Nachricht empfangenden Prozessoreinheit innerhalb der Flächen-Verkleidungsmodul-Anordnung enthält, an Prozessoreinheiten unmittelbar benachbarter Flächen-Verkleidungsmodulen übermittelt werden und von der Prozessoreinheit des jeweiligen Flächen-Verkleidungsmoduls
15 die folgenden Schritte durchgeführt werden:

- falls der Zeilenparameter in der empfangenen Nachricht größer ist als die bisher gespeicherte Zeilennummer des Flächen-Verkleidungsmoduls, so wird der eigenen Zeilennummer des Flächen-Verkleidungsmoduls der
20 Zeilenparameterwert z der empfangenen Nachricht zugeordnet,
- falls der Spaltenparameter in der empfangenen Nachricht größer ist als die eigene Spaltennummer des Flächen-Verkleidungsmoduls, so wird der gespeicherten
25 Spaltennummer der Zeilenparameterwert der empfangenen Nachricht zugeordnet,
- falls die eigene Zeilennummer und/oder die eigene Spaltennummer aufgrund der oben dargestellten Verfahrensschritte verändert worden sind, so werden neue
30 Positionsmess-Nachrichten mit neuen Zeilenparametern und neuen Spaltenparametern erzeugt, welche jeweils die Zeilennummer und Spaltennummer des Flächen-Verkleidungsmoduls mit der die Nachricht sendenden Prozessoreinheit oder die Zeilennummer und Spaltennummer
35 der die Nachricht empfangenden Prozessoreinheit enthält, und diese werden über die bidirektionalen

Kommunikationsschnittstellen an ein jeweiliges Nachbar-
Flächen-Verkleidungsmodul übertragen.

Durch diese Weiterbildung wird das erfindungsgemäße Konzept
des lokalen Nachrichtenaustauschs zwischen einander
benachbarten Flächen-Verkleidungsmodulen weiter ausgebaut, da
schon die örtlichen Positionen der einzelnen Flächen-
Verkleidungsmodule innerhalb der Flächen-Verkleidungsmodul-
Anordnung gemäß diesem Konzept basierend auf lokaler
Positionsinformation, welche sich lediglich aus einer von dem
unmittelbar benachbarten Flächen-Verkleidungsmodul erhaltenen
Positionsinformation ergibt, basiert. Dies ermöglicht eine
sehr fehlerrobuste Vorgehensweise im Rahmen der
Selbstorganisation der Flächen-Verkleidungsmodul-Anordnung.

Gemäß einer anderen Weiterbildung der Erfindung wird in einem
iterativen Verfahren der eigene Abstandswert des Flächen-
Verkleidungsmoduls dann verändert wenn der bisher
gespeicherte Abstandswert größer ist als der um einen
vorgegebenen Wert erhöhte empfangene Abstandswert in der
jeweils empfangenen Nachricht, und für den Fall, dass eine
Prozessoreinheit den eigenen Abstandswert verändert, erzeugt
diese eine Abstandsmess-Nachricht und sendet sie über alle
Kommunikationsschnittstellen an Prozessoreinheiten
benachbarter Flächen-Verkleidungsmodule, wobei die
Abstandsmess-Nachricht jeweils den eigenen Abstand als
Abstandsinformation enthält oder den Abstandswert, den das
empfangende Flächen-Verkleidungsmodul von dem Portalprozessor
aufweist.

Der Abstandswert kann um einen um einen vorgegebenen Wert
erhöhten Wert gegenüber dem eigenen Abstandswert verändert
werden, vorzugsweise um den Wert „1“.

Die Erfindung eignet sich insbesondere zum Ansatz in
folgenden Anwendungsbereichen:

- Hausautomatisierung, insbesondere zur Erhöhung des häuslichen Komforts,
- Alarmanlagen mit Positionsbestimmung und optionaler Gewichtsbestimmung eines Eindringlings,
- 5 • eine automatische Besucherführung auf Messen bei einer Ausstellung oder in einem Museum,
- für ein Leitsystem in einer Notfallsituation, beispielsweise in einem Flugzeug oder in einem Zug, um den Passagieren einen Weg zu einem Notausgang
- 10 anzuzeigen.

Anschaulich kann die Erfindung darin gesehen werden, dass eine gewünschte elektronische Datenverarbeitung und optional gewünschte Sensorik oder Anzeigeelemente sowie

15 Kommunikationsnetzwerk-Bestandteile in an sich bekannte Wand-, Boden- oder Decken-Verkleidungen integriert werden. Die Verkleidungen sind in diesem Zusammenhang reguläre Elemente, welche sich in vorgegebenen Richtungen, vorzugsweise in orthogonaler oder hexagonaler Anordnung zur Bedeckung einer

20 Fläche eignen.

Auch wenn die folgenden Ausführungsbeispiele eine Fliesen-Anordnung beschreiben, so ist die Erfindung nicht auf Fliesen oder auch auf Kacheln beschränkt, sondern ist auf jedes zur

25 Flächenbedeckung bzw. Flächenverkleidung geeignete reguläre Element anwendbar.

Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in den Figuren dargestellt und werden im Weiteren näher erläutert. In den

30 Figuren sind gleiche Komponenten mit identischen Bezugszeichen versehen.

Es zeigen

35 Figur 1 eine Draufsicht auf eine Fliesen-Anordnung gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel der Erfindung;

Figuren 2a bis 2c Draufsichten auf erfindungsgemäße Fliesen, eine rechteckigförmige Fliese (Figur 2a), eine dreieckigförmige Fliese (Figur 2b) oder eine hexagonalförmige Fliese (Figur 2c);

Figur 3 eine Draufsicht auf eine Fliese der Fliesen-Anordnung aus Figur 1;

Figur 4 eine schematisierte Draufsicht auf eine Fliesen-Anordnung gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel der Erfindung mit einem Zentral-Steuerrechner;

Figur 5 eine Draufsicht auf eine Fliesen-Anordnung gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel der Erfindung;

Figur 6 eine Draufsicht auf eine Fliese in hexagonaler Form;

Figuren 7a und 7b einen gerichteten Graphen (Figur 7a) sowie einen ungerichteten Graphen (Figur 7b);

Figur 8 einen gerichteten Baum;

Figuren 9a und 9b eine Skizze einer Prozessor-Anordnung, modelliert als ungerichteter Graph (Figur 9a) und als gerichteter Graph (Figur 9b);

Figur 10 eine Skizze unterschiedlicher Routing-Wege als gerichteter Baum mit einem Eingangsknoten als Wurzel;

Figur 11 eine Skizze eines optimierten Routing-Baums;

Figuren 12a bis 12j eine Skizze des Routing-Baums aus Figur 11 zu unterschiedlichen Ansteuerungszeitpunkten;

Figuren 13a bis 13f eine Skizze des Routing-Baums aus Figur 11 zu unterschiedlichen Ansteuerungszeitpunkten;

5 Figur 14 eine Draufsicht auf zwei hexagonale Fliesen, wobei der bidirektionale Nachrichtenaustausch zwischen den zwei Fliesen dargestellt ist;

Figur 15 eine Skizze einer inkohärenten Fliese;

10

Figur 16 eine Skizze einer kohärenten Fliese beim Versenden von MessKoherenz-Nachrichten;

15

Figur 17 eine Skizze einer Fliese, anhand der das Versenden von MessPosition-Nachrichten erläutert wird;

20

Figur 18 eine Skizze einer Fliesen-Anordnung nach erfolgter Positionsbestimmung der einzelnen Fliesen innerhalb der Fliesen-Anordnung;

Figur 19 eine Skizze einer Fliese, anhand der das Versenden einer MessDistance-Nachricht erläutert wird;

25

Figur 20 die Fliesen-Anordnung nach erfolgter Abstandsbestimmung, wobei die Fliesen-Anordnung eine Vielzahl von Einleit-Prozessoreinheiten am unteren Rand der Fliesen-Anordnung aufweist;

30

Figur 21 eine Fliesen-Anordnung nach erfolgter Abstandsbestimmung, wobei jeder dritten Fliese in der untersten Zeile der Fliesen-Anordnung jeweils eine Referenzposition zugeordnet ist;

35

Figur 22 eine Skizze einer Fliese, anhand der das Empfangen und das Versenden von MessOrganize-Nachrichten erläutert wird;

15

Figur 23 eine Skizze einer Fliese, anhand der die Organisationsreihenfolge zum Versenden einer MessChannel-Nachricht in einer geradzahligen Spalte innerhalb der Fliesen-Anordnung dargestellt ist;

5

Figur 24 eine Skizze einer Fliese, anhand der die Organisationsreihenfolge zum Versenden einer MessChannel-Nachricht in einer ungeradzahligen Spalte innerhalb der Fliesen-Anordnung dargestellt ist;

10

Figur 25 eine Skizze einer Mehrzahl von Fliesen, anhand der die Organisation und der Nachrichtenaustausch über Kanäle, welche die Kommunikationsschnittstellen der Fliesen miteinander koppeln, erläutert werden;

15

Figur 26 eine Fliesen-Anordnung nach erfolgter regulärer Rückwärtsorganisation für den Fall, dass allen Fliesen in der untersten Zeile der Fliesen-Anordnung Informationen von oder zu einem Portalprozessor zugeführt werden können oder gesendet werden können;

20

Figur 27 eine Fliesen-Anordnung nach erfolgter regulärer Rückwärtsorganisation für den Fall, dass jeder dritten Fliese in der untersten Zeile der Fliesen-Anordnung Informationen von oder zu einem Portalprozessor zugeführt werden können oder gesendet werden können;

25

Figur 28 eine Skizze einer Prozessoreinheit, anhand der das Empfangen und Versenden von MessCountNodes-Nachrichten erläutert wird,

30

Figur 29 eine Skizze einer Fliese, anhand der das Empfangen und das Versenden von MessNodesSize-Nachrichten erläutert wird,

35

Figur 30 die Fliesen-Anordnung nach erfolgter Ermittlung des Durchsatzes der Fliesen für den Fall, dass allen Fliesen in der untersten Zeile der Fliesen-Anordnung Informationen von oder zu einem Portalprozessor zugeführt werden können oder gesendet werden können;

Figur 31 die Fliesen-Anordnung nach erfolgter Ermittlung des Durchsatzes der Fliesen für den Fall, dass jeder dritten Fliese in der untersten Zeile der Fliesen-Anordnung Informationen von oder zu einem Portalprozessor zugeführt werden können oder gesendet werden können;

Figur 32 eine Skizze einer Fliese, anhand der das Versenden von MessColDistance-Nachrichten erläutert wird;

Figur 33 eine Skizze einer Fliese, anhand der das Empfangen und das Versenden von MessBlockToken-Nachrichten erläutert wird;

Figur 34 eine Skizze einer Fliese, anhand der das Empfangen einer MessToken-Nachricht durch eine "ungefärbte" Fliese dargestellt wird;

Figur 35 die Fliesen-Anordnung nach erfolgter Ermittlung von Mäanderkanälen in der Fliesen-Anordnung bei erfolgter Tokenvergabe für den Fall, dass allen Fliesen in der untersten Zeile der Fliesen-Anordnung Informationen von oder zu einem Portalprozessor zugeführt werden können oder gesendet werden können;

Figur 36 eine Skizze einer Fliese, anhand der das Empfangen und das Versenden von MessDeleteChannels-Nachrichten erläutert wird;

Figur 37 eine Skizze einer Fliese, anhand der das Empfangen und das Versenden von MessColOrganize-Nachrichten erläutert wird;

5 Figur 38 die Fliesen-Anordnung nach erfolgter Reorganisation für den Fall, dass jeder dritten Fliese in der untersten Zeile der Fliesen-Anordnung Informationen von oder zu einem Portalprozessor zugeführt werden können oder gesendet werden können;

10

Figur 39 die Fliesen-Anordnung nach erfolgter Reorganisation für den Fall, dass allen Fliesen in der untersten Zeile der Fliesen-Anordnung Informationen von oder zu einem Portalprozessor zugeführt werden können oder gesendet werden können;

15

Figur 40 eine Skizze einer Prozessoreinheit, anhand der die Initialisierung der Einleit-Fliesen-Farbe mittels einer MessColDistance-Nachricht erläutert wird;

20

Figur 41 die Fliesen-Anordnung nach erfolgter Reorganisation bei einem Gewicht $g = 0$ für den Fall, dass allen Fliesen in der untersten Zeile der Fliesen-Anordnung Informationen von oder zu einem Portalprozessor zugeführt werden können oder gesendet werden können;

25

Figur 42 die Fliesen-Anordnung nach erfolgter Reorganisation bei einem Gewicht $g = \infty$ für den Fall, dass allen Fliesen in der untersten Zeile der Fliesen-Anordnung Informationen von oder zu einem Portalprozessor zugeführt werden können oder gesendet werden können;

30

Figur 43 eine Skizze einer Fliese, anhand der das Empfangen und das Versenden von MessNumbering-Nachrichten erläutert wird;

35

Figur 44 eine Skizze der Fliesen-Anordnung nach erfolgter Nummerierung für den Fall, dass allen Fliesen in der untersten Zeile der Fliesen-Anordnung Informationen von oder zu einem Portalprozessor zugeführt werden können oder gesendet werden können;

Figur 45 die Fliesen-Anordnung nach erfolgter Nummerierung für den Fall, dass jeder dritten Fliese in der untersten Zeile der Fliesen-Anordnung Informationen von oder zu einem Portalprozessor zugeführt werden können oder gesendet werden können;

Figur 46 eine Routing-Tabelle gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung;

Figur 47 eine Skizze einer Fliesen-Anordnung, anhand der das Routing und die Darstellung von Daten erläutert wird;

Figur 48 eine Skizze einer Fliese, anhand der das Empfangen und Versenden von MessRetry-Nachrichten erläutert wird;

Figur 49 eine Übersicht über die verwendeten Nachrichten;

Figur 50 ein schematischer Schaltplan einer Fliese gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung;

Figur 51 eine Draufsicht auf einen Steckverbinder einer Fliese gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung; und

Figuren 52a und 52b eine Querschnittsansicht eines Steckverbinders einer Fliese sowie eines Fliesen-Verbindungsstücks gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung.

Fig.1 zeigt eine Fliesen-Anordnung 100 mit einer Vielzahl rechteckförmiger Fliesen, welche in Matrixform in Zeilen und Spalten angeordnet sind und welche miteinander, wie im Weiteren näher erläutert wird, über Datenübertragungs-
5 Schnittstellen gekoppelt sind, wobei jeweils eine Fliese 101 mit einer ihr unmittelbar benachbart angeordneten Fliese 101 gekoppelt ist.

Jede der Fliesen 101 weist einen identischen Aufbau auf, wie
10 er in vergrößerter Darstellung in Fig.3 dargestellt ist.

Fig. 3 zeigt die Fliese 101 mit einer Vielzahl von in diesem Ausführungsbeispiel neun Anzeigeelementen 301, 302, wovon acht Anzeigeelemente 301 pfeilförmig eingerichtet sind und
15 eines, das in der Mitte der Fliese 101 angeordnete Anzeigeelement 302 als Kreuz eingerichtet ist. Die Anzeigeelemente 301, 302 dienen zur Anzeige eines Weges, den ein Benutzer, der über die Fliesen-Anordnung 100 geht, einzuschlagen hat, um zu einem gewünschten, vorgegebenen Ziel
20 zu gelangen. Die Richtungspfeil-Anzeigeelemente 301 weisen eine oder mehrere entsprechende Hintergrundbeleuchtungen auf, welche jeweils individuell eines oder mehrere der pfeilförmigen Anzeigeelemente 301 ansteuert, womit jeweils eines oder mehrere der Anzeigeelemente 301 beleuchtet sind.

25 Zusätzlich zu den Anzeigeeinheiten, allgemein einer bildgebenden Einheit, ist gemäß diesem Ausführungsbeispiel in der Fliese 101, wie in Fig.50 in einem Schaltplan dargestellt, noch ein Sensorelement 5001 vorgesehen, welches
30 gemäß diesem Ausführungsbeispiel als Drucksensor ausgestaltet ist.

Jede Fliese 101 weist ferner einen Prozessor 5002 auf, gemäß diesem Ausführungsbeispiel einen Mikroprozessor, sowie bei
35 rechteckförmiger Ausgestaltung der Fliese 101 an jeder Seite der rechteckförmigen Fliese 101 jeweils einen Steckverbinder 5003, 5004, 5005, 5006.

Die Steckverbinder 5003, 5004, 5005, 5006 weisen auf jeweils einen Masseanschluss 5007, 5008, 5009, 5010, auf sowie einen Datenübertragungs-Anschluss 5011, 5012, 5013, 5014 als

5 Datenübertragungs-Schnittstelle, wobei die Schnittstelle als bidirektionale Kommunikationsschnittstelle eingerichtet ist, sowie einen Stromversorgungsanschluss 5015, 5016, 5017, 5018, an welche die Versorgungsspannung V_{DD} angelegt wird.

10 Der Stromversorgungsanschluss 5015, 5016, 5017, 5018 ist mit dem Prozessor 5002 gekoppelt ebenso wie jeder Datenübertragungs-Anschluss 5011, 5012, 5013, 5014 und jeder Masseanschluss 5007, 5008, 5009, 5010.

15 Gemäß diesem Ausführungsbeispiel der Erfindung erfolgt die Kopplung der einzelnen Komponenten der Fliese 101 über elektrische Leitungen 5019, 5020, 5021, 5022. Ferner ist der Mikroprozessor 5002 mit den Anzeigeelementen 301, 302 über eine erste Steuerleitung 5023 gekoppelt, über welche dem
20 jeweiligen Anzeigeelement 301, 302 Steuersignale zugeführt werden und mit dem Sensorelement 5001 über eine zweite Steuerleitung 5024, mittels welcher dem Prozessor 5002 von dem Sensorelement 5001 mittels diesem erfasste Daten übermittelt werden.

25 Jeder Steckverbinder 5003, 5004, 5005, 5006 ist jeweils an der Unterseite der Fliese 101 angeordnet und wird im Folgenden auch als Docking Bay bezeichnet.

30 Über ein in Fig.52B im Querschnitt dargestelltes Fliesen-Verbindungsstück 5210 kann jeder Steckverbinder 5003, 5004, 5005, 5006 der Fliese 101 mit seinem jeweiligen Gegenstück auf der örtlich unmittelbar benachbart angeordneten Fliese 101 mechanisch und elektrisch verbunden werden.

35

Gemäß diesem Ausführungsbeispiel ist die Anordnung der Steckverbinder rotationssymmetrisch für Vielfache von 90° .

Die oben beschriebene Anordnung kann unmittelbar auf jede beliebige Form einer Fliese oder Kachel 101 angewendet werden bzw. übertragen werden, wobei jedoch die Anordnung der Steckverbinder an den jeweiligen Seiten der Fliese 101 und die entsprechende Verkabelung an die jeweilige Form anzupassen sind; so ist beispielsweise bei einer hexagonalförmigen Fliese 101 an den jeweiligen Seiten jeweils ein Steckverbinder angeordnet, d.h. es sind insgesamt sechs Steckverbinder vorgesehen. Bei dreieckförmiger Ausgestaltung einer Fliese sind entsprechend drei Steckverbinder an den jeweiligen Seiten der Fliese 101 angeordnet.

Fig.51 zeigt eine vergrößerte Darstellung des Steckverbinders 5003 mit dem Masseanschluss 5007, dem Datenübertragungs-Anschluss 5011 und dem Stromversorgungsanschluss 5015.

Jeweils zwei direkt gegenüberliegende Docking Bays werden mittels des in Fig.52B in Querschnittsansicht dargestellten Fliesen-Verbindungsstücks 5210 miteinander verbunden. Im Rahmen des Verlegens von Fliesen bzw. Kacheln, d.h. bei der Montage wird zunächst das Fliesen-Verbindungsstück 5210 gelegt, beispielsweise in den Putz oder ein Fliesengitter eingelassen, und anschließend wird die Fliese 101 mit dem jeweiligen Docking Bay auf das Fliesen-Verbindungsstück 5210 aufgesteckt.

Diese Situation ist in Fig.52A und Fig.52B dargestellt, in denen die Querschnittsansicht des Steckverbinders 5003 mit den jeweiligen Steckanschlüssen 5007, 5011, 5015 und die korrespondierenden Anschlüsse des Fliesen-Verbindungsstücks 5210, einem korrespondierenden Masseanschluss 5211, einer korrespondierenden Datenübertragungs-Schnittstelle 5212, und einen korrespondierenden Stromversorgungsanschluss 5213 dargestellt sind.

Der Steckverbinder 5003 weist einen Hohlraum 5201 auf, in dem die Anschlüsse 5007, 5011, 5015 angeordnet und ausgebildet sind. An den Seitenwänden 5202 des Hohlraums 5201 sind nasenförmige Aussparungen 5203 vorgesehen, in welche

5 nasenförmige Elemente 5214, 5215 des Fliesen-Verbindungsstücks 5210 als ein Klickverschluss eingreifen, womit die mechanische Kupplung des Steckverbinders 5003 mit dem Fliesen-Verbindungsstück 5210 erreicht ist.

10 Anstelle der in dem Fliesen-Verbindungsstück 5210 fest eingebrachten Anschlüsse 5007, 5011, 5015 können alternativ flexible Kabel vorgesehen sein, die mit entsprechenden Gegenständen des Fliesen-Verbindungsstücks 5210 gekoppelt sind.

15 Die in der Fliese 101 in Fig.3 dargestellten Leuchtelemente können als Leuchtdiode oder sogar als beliebig komplexer Bildschirm eingerichtet sein und zur Festlegung von fest vorgegebenen oder dynamischen Wegen verwendet werden. Auf

20 einer Messe oder einem Museumsrundgang kann beispielsweise der Weg zu einer nachfolgenden Sehenswürdigkeit gewiesen werden, wobei das Gesamtsystem die Position des jeweiligen Besuchers durch das jeweilige Sensorelement 501 erfährt und ihm somit individuelle Richtungsweisungen geben kann.

25 In einer Ausgestaltung der Erfindung kann eine Fliese auch ein Funksende-/Empfangssystem aufweisen, über die ein Benutzer beispielsweise mittels eines Funksenders seine Identität übermittelt, welche von dem Funkempfänger in der

30 Fliese 101 empfangen wird und abhängig von der jeweiligen Nutzeridentität kann eine benutzerspezifische Führung durch ein Museum oder durch eine Messe erfolgen.

Der Sensor kann als Drucksensor mit Gewichtsbestimmung, als

35 induktiver Sensor, als Kapazitiver Sensor (Edison Sensor) als optischer Sensor oder als Feuchtigkeitssensor ausgestaltet sein.

Die einzelnen Fliesen 101 können erfindungsgemäß beliebig
ausgestaltet sein, beispielsweise wie gemäß Fig.2a
rechteckförmig, wie gemäß Fig.2b dreieckförmig, oder wie
5 gemäß Fig.2c hexagonal.

Fig.4 zeigt eine schematische Ansicht der Fliesen-Anordnung
100 mit der Vielzahl von Fliesen 101 und einem an einer Seite
der Fliesen-Anordnung 100 angeordnetem Fliesen-Daten-Portal
10 401 mit mindestens einem Portalprozessor zur Einleitung von
Information zu den Prozessoren der jeweiligen Fliesen 101 in
der Fliesen-Anordnung 100.

Der Portalprozessor ist mit mindestens einer Fliese 101
15 gekoppelt und führt dieser über die jeweilige
Datenübertragungs-Schnittstelle die gewünschten Daten zu bzw.
fragt darüber von dieser Fliese 101 die gewünschten Daten ab.

Gemäß diesem Ausführungsbeispiel hat der jeweilige
20 Portalprozessor des Fliesen-Daten-Portals 401 keinerlei
Informationen über Größe und Ausgestaltung der Fliesen-
Anordnung 100.

Auch haben die einzelnen Prozessoreinheiten der Fliesen 101
25 zu Beginn des Verfahrens keinerlei Informationen über ihre
jeweilige Orientierung, d.h. Ausrichtung, oder ihre örtliche
Position innerhalb der Fliesen-Anordnung 100.

In einer im Folgenden im Detail erläuterten
30 Initialisierungsphase (vor dem ersten Einsatz der Fliesen-
Anordnung 100 oder nach einem erfolgten Zurücksetzen der
gespeicherten Informationen in der Fliesen-Anordnung 100)
stößt der Portalprozessor des Fliesen-Portals 401 eine
Selbstorganisation der Prozessor-Anordnung an, wie sie im
35 Folgenden näher erläutert wird.

Im Rahmen der Selbstorganisation der Fliesen-Anordnung 100 erlernen die Fliesen 101 der Fliesen-Anordnung 100 ihre Lage und Ausrichtung sowie Informationswege, zum Bildaufbau, das heißt zum Zuführen darzustellender Information an die
5 jeweiligen Anzeigeeinheiten, welche die jeweilige Information tatsächlich darstellen sollen.

Dieser Lernprozess erfolgt unter Verwendung von Nachrichten, die zwischen Prozessoreinheiten jeweils einander benachbarten
10 Fliesen 101 in der Fliesen-Anordnung 100 ausgetauscht werden. Das erlernte Wissen wird teilweise wieder nach außen, das heißt an das Fliesen-Portal 401 gegeben, und zwar in dem Maße, wie es das Fliesen-Portal 401 später benötigt, um die Bildinformationen auf den richtigen Wegen und in der
15 richtigen Abfolge der Fliesen-Anordnung 100 zuzuführen zur Darstellung der jeweils darzustellenden Information.

Für die Vorgehensweise bei der Informationsverteilung innerhalb der Fliesen-Anordnung 100 ist die Art der
20 darzustellenden Information zu berücksichtigen.

Im Rahmen der Informationsverteilung wird jeder Prozessor einer Fliese 101 von dem Portalprozessor des Fliesen-Portals 401 individuell adressiert. Dies führt zu einem im Rahmen der
25 Darstellung der Information erforderlichen Routings der Information zu den entsprechenden Fliesen 101 und damit zu den entsprechenden Prozessoreinheiten innerhalb der Fliesen-Anordnung 100. Im Rahmen des Routings von Information sind erfindungsgemäß folgende Besonderheiten des Routing-Problems
30 zu berücksichtigen:

- Es werden Routing-Wege lediglich zwischen dem Portalprozessor des Fliesen-Portals 401 und den einzelnen Prozessoren der Fliesen, das heißt den Prozessoreinheiten der Fliesen-Anordnung 101, nicht aber
35 zwischen den Fliesen 101 untereinander bestimmt.

- Es liegt ein gleichmäßiges Routing-Aufkommen vor, das heißt pro anzuzeigendem digitalisierten Bild ist jedem Prozessor genau ein Bilddatum zu übermitteln.
- Es wird kein globales Wissen über die Gestalt des Netzes, das heißt der Vermaschung der einzelnen Fliesen-Prozessoren innerhalb der Fliesen-Anordnung 101 vorausgesetzt. Die Wahl von Routing-Wegen innerhalb der Fliesen-Anordnung 100 erfolgt auf Basis lokaler Informationen, die zwischen den einzelnen Fliesen-Prozessoren unter Verwendung von elektronischen Nachrichten ausgetauscht werden.

Somit sind erfindungsgemäß zwei Phasen im Rahmen des Einsatzes einer erfindungsgemäßen Fliesen-Anordnung 100 zu unterscheiden:

In einer ersten Phase, der so genannten Selbstorganisation, wird durchgeführt eine

- Selbsterkennung der lokalen Positionen der einzelnen Fliesen-Prozessoren innerhalb der Fliesen-Anordnung und somit der Gesamtform der Fliesen-Anordnung;
- Selbstorganisation von Routing-Wegen ausgehend von dem Portalprozessor, das heißt dem Prozessor des Fliesen-Portals 401 zu jedem Fliesen-Prozessor in der Fliesen-Anordnung 100 derart, dass innerhalb einer vorgegebenen maximalen Zahl von Zeittakten jeder Fliesen-Prozessor von dem Prozessor des Fliesen-Portals 401 eine elektronische Nachricht zugeführt bekommen kann.

In einer zweiten Phase, dem eigentlichen Einsatz der Fliesen-Anordnung 100 im Rahmen der Erfassung oder/und Darstellung von Information, werden die Daten von oder zu dem Portalprozessor zu den Fliesen-Prozessoren übertragen, wodurch die darzustellende Information in der Fliesen-Anordnung 100 aufgebaut wird.

Die Fliesen-Prozessoren 402 sind, wie in Fig.4 dargestellt, für den Fall, dass sie eine rechteckige Form, vorzugsweise eine quadratische Form, aufweisen, jeweils über jede Seite des Vierecks über eine der somit jeweils vier vorgesehenen

5 bidirektionalen Kommunikationsschnittstellen 403 pro Fliesen-Prozessor 402 und darüber über elektrische Leitungen 404 jeweils mit dem unmittelbar zu einem jeweiligen Fliesen-Prozessor 402 benachbarten Fliesen-Prozessor 402 gekoppelt.

10 Anders ausgedrückt bedeutet dies, dass jeweils ein Nachrichtenaustausch zwischen zwei unmittelbar einander benachbarten Fliesen-Prozessoren ermöglicht ist, nicht jedoch ein unmittelbarer, d.h. direkter Nachrichtenaustausch über eine weitere Entfernung hinweg als die unmittelbare

15 Nachbarschaft eines Fliesen-Prozessors 402.

Fig.5 zeigt ein anderes Ausführungsbeispiel, bei dem jede Fliese 101 eine hexagonale Form aufweist und pro Fliese 101

20 sechs bidirektionale Kommunikationsschnittstellen 501, ebenfalls an jeder Seite, das heißt Seitenkante, der jeweiligen Fliese 101 vorgesehen sind. Dies bedeutet, dass gemäß diesem Ausführungsbeispiel jede Fliese 101 und damit jeder Fliesen-Prozessor sechs Nachbar-Fliesen-Prozessoren aufweist, mit denen die jeweilige Fliese 101 über eine

25 bidirektionale Kommunikationsschnittstelle 501 und eine elektrische Leitung 502 für den Austausch elektronischer Nachrichten gekoppelt ist.

Im Folgenden wird zur einfacheren Darstellung der Erfindung

30 lediglich der Fall der hexagonalen Form einer Fliese 101 beschrieben, jedoch ohne Einschränkung der Allgemeingültigkeit.

Die Fliesen-Anordnung 100 weist somit drei Arten von

35 Einzelkomponenten auf:

- Fliesen 101, denen jeweils bis zu sechs bidirektionale Kommunikationsschnittstellen 501 und elektrische Leitungen 502 zugeordnet sind, und
- bidirektionale Verbindungen, im Weiteren auch als bidirektionale Kommunikationsschnittstelle 501 und der jeweiligen Kommunikationsschnittstelle 501 zugeordnete elektronische Leitung 502, die je zwei Fliesen 101 oder eine Fliese 101 und den Portalprozessor miteinander koppeln, und
- Fliesen-Verbindungsstücke.

Die hexagonale Fliese 101 kann sechs unterschiedliche Ausrichtungen aufweisen, wie in Fig.6 dargestellt.

Gemäß Fig.6 sind die einzelnen Verbindungen, das heißt damit auch die einzelnen Kommunikationsschnittstellen 501 während der Selbstorganisationsphase, wie sie im Weiteren noch näher erläutert wird, bereits orientiert worden. Die Verbindungen sind gemäß diesem Ausführungsbeispiel durchnummeriert und zum besseren Verständnis mit Himmelsrichtungen identifiziert, wobei gemäß diesem Ausführungsbeispiel folgende Nomenklatur verwendet wird:

- Eine erste Ausrichtung 0 (Ost) (Bezugszeichen 600), anders ausgedrückt eine Ausrichtung nach rechts,
- eine zweite Ausrichtung 1 (Nordost) (Bezugszeichen 601), anders ausgedrückt eine Ausrichtung nach rechts oben,
- eine dritte Ausrichtung 2 (Nordwest) (Bezugszeichen 602), anders ausgedrückt eine Ausrichtung nach links oben,
- eine vierte Ausrichtung 3 (West) (Bezugszeichen 603), anders ausgedrückt eine Ausrichtung nach links,
- eine fünfte Ausrichtung 4 (Südwest) (Bezugszeichen 604), anders ausgedrückt eine Ausrichtung nach links unten, sowie
- eine sechste Ausrichtung 5 (Südost) (Bezugszeichen 605), anders ausgedrückt eine Ausrichtung nach rechts unten.

Gemäß diesem Ausführungsbeispiel wird vorausgesetzt, dass der Portalprozessor des Fliesen-Portals 401 elektrische Kopplungen zu Fliesen 101 auf ausschließlich einer Seite der Fliesen-Anordnung 100 aufweist.

Definitionsgemäß sei dies die untere Seite der Fliesen-Anordnung 100, das heißt anschaulich die Südseite, wobei die Kopplungen ebenfalls definitionsgemäß über die Südwest-Seite, das heißt über die fünfte Ausrichtungsrichtung der jeweiligen Fliesen 101 laufen.

Es ist in diesem Zusammenhang anzumerken, dass sowohl die Positionierung als auch die Ausrichtung der einzelnen Einleitstellen von Information zu den Fliesen 101 in der Fliesen-Anordnung 100 als auch die Form und die Ausrichtung der einzelnen Fliesen 101 in der Fliesen-Anordnung 100 grundsätzlich beliebig sind.

In unterschiedlichen Ausführungsformen der Erfindung ist der Portalprozessor

- mit allen Fliesen-Prozessoren der Fliesen der untersten Zeile in Form einer Matrix, das heißt in Zeilen und Spalten, angeordneten Fliesen-Prozessoren der Fliesen-Anordnung 100 elektrisch gekoppelt, oder
- mit Fliesen-Prozessoren 101 der Fliesen der untersten Zeile der Fliesen-Anordnung in einem vorgegebenen, regulären, das heißt periodischen Abstand, das heißt beispielsweise jedem dritten, fünften, zehnten, etc., Fliesen-Prozessor innerhalb der untersten Zeile der Fliesen-Anordnung 100.

Der Portalprozessor 401 kennt zwar nach erfolgter Fertigung der Fliesen-Anordnung 100 die Anzahl seiner Verbindungen zu den Fliesen-Prozessoren 402, anders ausgedrückt die Anzahl von Einleitstellen zum Zuführen von Information zu Fliesen-Prozessoren 402 innerhalb der Fliesen-Anordnung 100, aber nicht notwendigerweise die Dimension und die Ausgestaltung

der Fliesen-Anordnung 100, das heißt die tatsächliche Form und Anordnung der Fliesen 101 innerhalb der Fliesen-Anordnung 100.

5 Es ist in diesem Zusammenhang anzumerken, dass insbesondere eine Richtungsangabe, beispielsweise die Südseite, nicht notwendigerweise eine gerade Linie innerhalb der Fliesen-Anordnung 100 darstellen muss.

10 Bei den im Weiteren erläuterten Teil-Verfahren ist lediglich vorzusehen, dass die einzelnen Verbindungen zwischen dem Portalprozessor und den Fliesen-Prozessoren 101 immer an derselben Stelle erfolgen sollten, gemäß diesem Ausführungsbeispiel über die Südwestseite 604.

15 Die einzelnen Fliesen-Prozessoren 101 oder die Verbindungen, welche beide als Oberbegriff als Einzelkomponenten der Prozessor-Anordnung bezeichnet werden, können folgende Zustände annehmen:

20

1. Fehlerfrei:

Die jeweilige Komponente der Fliesen-Anordnung arbeitet ohne Einschränkungen.

25

2. Defekt:

Die jeweilige Komponente der Fliesen-Anordnung ist vollständig ausgefallen. Ist die Komponente eine Prozessoreinheit, so sind ebenfalls alle Verbindungen zu dieser Prozessoreinheit als defekt zu deklarieren.

30

3. Instabil:

Die Komponente weist Teilausfälle auf, beispielsweise arbeitet eine Richtung einer bidirektionalen Verbindung zwischen der jeweiligen Prozessoreinheit nur zeitweise (das
35 heißt sie weist einen Wackelkontakt auf oder arbeitet methodisch falsch, beispielsweise ein Prozessor, der eine falsche Nachricht versendet).

Im Weiteren wird aus Gründen der einfacheren Darstellung der Erfindung der dritte Zustand nicht betrachtet, das heißt eine Komponente sei im Folgenden entweder fehlerfrei oder defekt.

5 Daher spielt es gemäß diesen Ausführungsbeispielen keine Rolle, ob eine Komponente aufgrund einer speziellen Form der Fliesen-Anordnung nicht existiert (das heißt beispielsweise eine Anzeigeeinheits-Folie, die die Form eines Dreiecks aufweist), oder ob die jeweilige Komponente aufgrund eines
10 Herstellungsfehlers oder aufgrund erfolgter Abnutzung defekt wurde.

Bei der im Weiteren noch näher erläuterten Informationsweitergabe, das heißt dem Versenden von
15 elektronischen Nachrichten zwischen zwei Fliesen-Prozessoren 101 innerhalb der Fliesen-Anordnung 100 oder von dem Portalprozessor zu einem Fliesen-Prozessor an einer Einleitstelle der Fliesen-Anordnung 100 wird im Folgenden eine Taktung des Gesamtsystems, das heißt der gesamten
20 Fliesen-Anordnung 100 betrachtet.

Jeder Fliesen-Prozessor in der Fliesen-Anordnung 100 ist derart eingerichtet, dass er innerhalb eines Zeittaktes folgende Aktionen durchführen kann:

- 25 • Lesen von einer oder mehreren elektronischen Nachrichten, die an einer oder mehreren Verbindungen, das heißt über eine oder mehrere bidirektionale Kommunikationsschnittstellen des jeweiligen Fliesen-Prozessors anliegen und die im zeitlich vorangegangenen
30 Zeittakt von einem Nachbar-Fliesen-Prozessor versendet wurden.
- Verarbeitung der empfangenen Nachricht.
- Gegebenenfalls Versenden von einer oder mehreren
35 Nachrichten über eine oder mehrere Verbindungen und damit über eine oder mehrere bidirektionale Kommunikationsschnittstellen des Fliesen-Prozessors, die im zeitlich darauf folgenden, das heißt nächsten

Zeittakt von einem Nachbar-Fliesen-Prozessor empfangen werden können.

Innerhalb eines Zeittaktes kann somit eine elektronische Nachricht nur von einem Fliesen-Prozessor zu einem Nachbar-Fliesen-Prozessor übertragen werden.

Es ist jedoch in diesem Zusammenhang anzumerken, dass erfindungsgemäß keine globale, das heißt für die gesamte Prozessor-Anordnung 100 vorgesehene gemeinsame Taktung der Fliesen-Prozessoren existieren muss, diese jedoch zur einfacheren Darstellung der Erfindung im Weiteren angenommen wird.

Im Weiteren werden zum einfacheren Verständnis der erfindungsgemäßen Vorgehensweise Grundlagen über die mathematische Modellierung der Fliesen-Anordnung erläutert.

Im Weiteren werden die Fliesen-Prozessoren und das Fliesen-Portal 401 gemeinsam als gerichteter Graph sowie die Routing-Wege als gerichteter Baum modelliert.

Die Wahl eines Routings ergibt sich somit als diskretes Optimierungsproblem.

Definition 1 (Gerichteter Graph, ungerichteter Graph)

(i)

Gegeben sei eine Menge V und eine Menge E . Ist

$$g : E \rightarrow V^2 = V \times V$$

eine Abbildung mit den Komponenten

$$g^- : E \rightarrow V \text{ und } g^+ : E \rightarrow V,$$

d.h.

$$g : E \rightarrow V^2,$$

5

$$e \mapsto (g^-(e), g^+(e)),$$

so heißt das Tupel

10
$$(V, E, g)$$

gerichteter Graph mit Eckenmenge (Knotenmenge) V , Kantenmenge E und Inzidenzabbildung g . $g^-(e)$ heißt die initiale Ecke der Kante $e \in E$ und $g^+(e)$ heißt die terminierende Ecke der Kante $e \in E$.

15

(ii)

20 Gegeben sei eine Menge V und eine Menge M . Man betrachte die Äquivalenzrelation

$$\alpha := \{(x, y), (y, x) \in V^2 \times V^2; \text{ mit } x, y \in V\} \subseteq V^2 \times V^2$$

mit den Äquivalenzklassen

$$[x, y] := \{(x, y), (y, x)\}, \text{ für alle } x, y \in V.$$

Mit einer Abbildung

30

$$u : M \rightarrow V^2 / \alpha = \{[x, y] \mid x, y \in V\}$$

heißt das Tupel

35
$$(V, M, u)$$

ungerichteter Graph mit Eckenmenge (Knotenmenge) V ,
Kantenmenge M und Inzidenzabbildung u .

- 5 Fig.7a zeigt einen gerichteten Graphen 700 und Fig.7b zeigt
einen ungerichteten Graphen 701.

Definition 2. (Terminierte Kanten, initiierte Kanten)

10 Sei (V, E, g) ein gerichteter Graph und $v \in V$. Dann sei
 $E_{\text{term}}(v)$ die Menge der durch v terminierten Kanten, d.h.

$$E_{\text{term}}(v) := \{e \in E; g^+(e) = v\},$$

15 und $E_{\text{init}}(v)$ die Menge der durch v initiierten Kanten, d.h.

$$E_{\text{init}}(v) := \{e \in E; g^-(e) = v\}.$$

20 Definition 3 (Weg in einem gerichteten Graphen)

Sei (V, E, g) ein gerichteter Graph, $K \subseteq E$.

(i)

Für $a, b \in V$ und $n \in \mathbb{N}$ definiere

$$\Gamma_K^n(a, b) := \left\{ \begin{array}{l} (k_1, \dots, k_n) \in K^n; a = g^-(k_1), g^+(k_n) = b, \\ g^+(k_i) = g^-(k_{i+1}) \text{ für } i = 1, \dots, n-1, \\ |\{a, g^+(k_1), \dots, g^+(k_n)\}| = n+1 \end{array} \right\}$$

30 als die Menge aller Wege von a nach b der Länge n mit Kanten
 K . ($\Gamma_K^n(a, b) = \{\}$, falls kein solcher Weg existiert).

(ii)

Für $a, b \in V$ definiere

5

$$\Gamma_K(a, b) := \bigcup_{n \in \mathbb{N}} \Gamma_K^n(a, b)$$

als die Menge aller Wege von a nach b mit Kanten aus K .

10

Definition 4 (Gerichteter Baum)

Sei (V, E, g) ein gerichteter Graph, $V \neq \emptyset$. (V, E, g) heißt gerichteter Baum, falls es ein $w \in V$ gibt so dass

15

$$|\Gamma_E(w, v)| = 1, \text{ für alle } v \in V \setminus \{w\}$$

und für alle $K \subseteq E, K \neq E$

20

$$|\Gamma_K(w, v)| = 0, \text{ für mindestens ein } v \in V \setminus \{w\}.$$

Das heißt es gibt genau einen Weg von w zu jeder Ecke $v \neq w$ und die Kantenmenge ist nicht verkleinerbar. Die eindeutige Ecke w heißt die Wurzel des gerichteten Baumes.

Die zweite Bedingung in der obigen Definition 4 garantiert die Eindeutigkeit der Wurzel, die sonst nicht gegeben wäre und verhindert die Existenz „überflüssiger“ Kanten in dem Baum.

30

Fig.8 zeigt ein Beispiel eines gerichteten Baumes 800 als einen Teil des in Fig.7a skizzierten gerichteten Graphen.

35

Lemma 5 (Eigenschaften eines gerichteten Baumes)

Sei (V, E, g) ein gerichteter Baum. Dann gilt für alle $a, b \in V$

$$|\Gamma_E(a, b)| + |\Gamma_E(b, a)| \leq 1.$$

5

Definition 6 (Weglänge, Durchsatz)

Sei (V, E, g) ein gerichteter Baum mit Wurzel $w \in V$. Definiere

10 (i)

Für jedes $v \in V \setminus \{w\}$, sei $\gamma_E(v) \in \Gamma_E(w, v)$ der eindeutige Weg von w nach v , d.h.

15
$$\Gamma_E(w, v) = \{\gamma_E(v)\}.$$

(ii)

20 Für jedes $v \in V \setminus \{w\}$ gibt es ein $n \in \mathbb{N}$ mit

$$\{\gamma_E(v)\} = \Gamma_E(w, v) = \Gamma_E^n(w, v).$$

Definiere $|\gamma_E(v)| := n$ als Weglänge des Weges $\gamma_E(v)$.

(iii)

Definiere für $|V| < \infty$ und alle $v \in V$

30

$$d_E(v) := 1 + |\{z \in V; \Gamma_E(v, z) \neq \{\}\}| \in \mathbb{N}$$

als Durchsatz des Knotens v .

35

Definition 7 (Ast)

36.

Sei (V, E, g) ein gerichteter Baum. Definiere für alle $v \in V$

$$V_E(v) := \{v\} \cup \{z \in V; \Gamma_E(v, z) \neq \{\}\}$$

5 als Ast des Knotens v .

Es gilt folgendes Lemma:

10

Lemma 8 (Mächtigkeit des Astes)

Sei (V, E, g) ein gerichteter Baum und $v \in V$. Dann gilt

15 $d_E(v) = |V_E(v)|.$

Das Gesamtnetzwerk der Fliesen-Anordnung 100 inklusive dem Portalprozessor 401 wird im Folgenden als ein Graph

20 dargestellt. Um zu modellieren, dass existierende Verbindungen zwischen zwei Knoten stets in zwei Richtungen durchlässig sind, was eine bidirektionale Kommunikation symbolisiert, wird zunächst ein ungerichteter Graph betrachtet. Zur Festlegung des Routings wird anschließend ein

25 gleichwertiger gerichteter Graph abgeleitet.

Definition 9 (Display-Graph)

30 Sei (V, M, u) ein ungerichteter Graph mit

(i)

35 $2 \leq |V| < \infty, 1 \leq |M| < \infty,$

(ii)

u injektiv (d. h. keine Zweiecke)

5

(iii)

 $u(E) \cap \{[x, x] \mid x \in V\} = \{\}$ (d. h. schlingenfrei)

10

(iv)

$w \in V$ sei ein ausgezeichneteter Knoten und heiße Portal(knoten).

15

Es sei (V, E, g) der gerichtete Graph, für den gilt: Zu jedem $m \in M$ betrachte neue Elemente m^- und m^+ derart, dass

$$E := \{m^-; m \in M\} \cup \{m^+; m \in M\}, \quad |E| = 2|M|.$$

20

Wähle die Abbildung g derart, dass

$$u(m) = \{g(m^-)g(m^+)\}, \quad \text{für alle } m \in M.$$

Gilt zusätzlich

(v)

$\Gamma_E(w, v) \neq \{\}$ für alle $v \in V \setminus \{w\}$ (d. h. zusammenhängend),

30

so heiße (V, E, g) ein Anzeigeeinheits-Graph, im Weiteren auch bezeichnet als Display-Graph.

35

Ein entsprechender ungerichteter Graph 900 (vgl. Fig.9a) und der dazu gleichwertige gerichtete Fliesen-Anordnungs-Graph

901 (Fig.9b) sind in den Fig.9a und Fig.9b exemplarisch dargestellt.

Gemäß diesem Ausführungsbeispiel wird ein hexagonales 4x4-Fliesenfeld mit einem Defekt gewählt. Die obige Definition 9 ist allgemein gehalten. Die betrachteten Netzwerke besitzen weitere einschränkende Eigenschaften, die hier zunächst aber nur kurz erwähnt werden:

- Mit Ausnahme des Portal-Knotens 902 ist die Anzahl der Kanten, denen ein Knoten 903 als initiale (terminierende) Ecke angehören kann, durch eine Zahl $q \in \mathbb{N}$ beschränkt. Bisher wurden $q = 4$ (Orthogonales Netzwerk) und $q = 6$ (hexagonales Netzwerk) betrachtet. Der gerichtete Graph 901 ist im Allgemeinen ein ebener Graph bzw. ein plättbarer Graph (es sind Erweiterungen denkbar, bei denen dies nur für den Sub-Graphen gilt, der den Portal-Knoten 902 nicht enthält, falls die Zuleitungen 904 nicht am Rand der Fliesen-Anordnung 100 eingespeist werden).

Für die weiteren Erläuterungen ist es sinnvoll, neben dem Portal-Knoten 902 noch diejenigen Knoten 903 auszuzeichnen, die eine direkte Verbindung zu dem Portal-Knoten 902 aufweisen. Wie oben beschrieben werden diese Knoten als Einleitknoten 903 bezeichnet, das heißt sie repräsentieren die Referenzpositionen, denen die Einleit-Fliesen-Prozessoren der Fliesen-Anordnung zugeordnet sind. Die Kanten von dem Portal-Knoten 902 zu den Einleitknoten 903 werden im Weiteren als Zuleitungen 904 und die Kanten 905 zwischen Fliesen-Prozessoren als Netzwerkverbindungen bezeichnet.

Definition 10 (Zuleitungen, Netzwerkverbindungen, Einleitknoten)

Es sei (V, E, g) ein Display-Graph mit Portalknoten w . Die Menge der Zuleitungen ist dann definiert durch

$$E_{\text{port}} := \{e \in E; g^-(e) = w\}$$

und die Menge der Netzwerkverbindungen durch

$$E_{\text{net}} := \{e \in E; g^-(e) \neq w \wedge g^+(e) \neq w\}.$$

Die Menge der Einleitknoten ist definiert durch

$$V_{\text{port}} := g^+(E_{\text{port}}).$$

Im Weiteren wird die Problemstellung betrachtet, dass jedem Knoten eines Fliesen-Anordnung-Graphen vom Portal-Knoten aus innerhalb eines Zeitrahmens (innerhalb einer Refresh-Rate) eine elektronische Nachricht übermittelt werden soll.

Geschieht dies, wie es diese Problemstellung nahe legt, auf fest gewählten Wegen und kreuzen sich Wege, die sich getrennt haben, nicht erneut, so bedeutet dies, dass ein gerichteter Baum als Unter-Graph des Fliesen-Anordnungs-Graphen gewählt werden soll. Dieser gerichtete Graph, der auch als Routing-Baum bezeichnet wird, legt dann die Wege des Informationsflusses eindeutig fest, nicht aber die Dynamik des Informationsflusses.

Der Routing-Baum ist nicht eindeutig; im Allgemeinen ist die Menge aller möglichen Bäume unüberschaubar groß.

Definition 11 (Zulässige Baum-Menge, zulässige Kantenmenge)

Sei (V, E, g) ein Display-Graph mit Portalknoten $w \in V$. Die Menge aller zulässigen gerichteten Bäume in (V, E, g) ist definiert als

40

$B := \{(V, K, g|_K); \text{ mit } K \subseteq E \text{ und } (V, K, g|_K) \text{ ein gerichteter Baum mit Wurzel } w\}.$

Die Menge aller zulässigen Kantenmengen bezüglich (V, E, g) ist
5 dann definiert als

$$\kappa := \{K \subseteq E; (V, K, g|_K) \in B\}.$$

10 Ein beispielhafter zulässiger Baum 1000 ist in Fig.10 dargestellt mit den entsprechenden Routing-Wegen mit dem Portal-Knoten 1001 als Wurzelknoten des gerichteten Baums 1000.

15 Basierend auf Definition 10 werden folgende Begriffe eingeführt:

Definition 12 (Zuleitungen, Netzwerkverbindungen)

20 Es sei (V, E, g) ein Display-Graph mit Portalknoten w und sei $K \in \kappa$. Die Menge der Zuleitungen in K ist dann definiert durch

$$25 \quad K_{\text{port}} := E_{\text{port}} \cap K.$$

Die Menge der Netzwerkverbindungen durch

$$K_{\text{net}} := E_{\text{net}} \cap K.$$

30

Zur Bewertung von Bäumen werden im Folgenden eine Reihe von Kriterien aufgeführt:

35

Definition 13 (Baumbewertungen)

Sei (V, E, g) ein Fliesen-Graph mit Portalknoten $w \in V$ und der Menge κ der zulässigen Kantenmengen.

5 (i)

Für alle $v \in V \setminus \{w\}$ definiert

$$l_{\min}(v) := \min_{K \in \kappa} \{l_K(v)\}$$

10

den Abstand des Knotens v von der Wurzel w im Display-Graphen.

15 (ii)

Für alle $K \in \kappa$ definiert

$$L(K) := \max_{v \in V \setminus \{w\}} \{l_K(v)\}$$

20

den Maximalabstand im durch K festgelegten Baum $(V, K, g|_K)$.

$$L_{\min} := \min_{K \in \kappa} \{L(K)\}$$

ist dann der Maximalabstand im Fliesen-Graphen.

(iii)

30 Für alle $K \in \kappa$ definiert

$$D(K) := \max_{v \in V \setminus \{w\}} \{d_K(v)\}$$

den Maximaldurchsatz im durch K festgelegten Baum $(V, K, g|_K)$.

35

$$D_{\min} := \min_{K \in \mathcal{K}} \{D(K)\}$$

ist dann der Maximaldurchsatz im Fliesen-Graphen.

5

Zur Auswahl der „besten“ Bäume bzw. Kantenmengen sind mindestens die folgenden Probleme betrachtbar:

10 (i)

Menge der Bäume, deren Knoten jeweils minimalen Abstand zur Wurzel haben:

$$15 \quad O_1 := \{K \in \mathcal{K}; | \gamma_K(v) = l_{\min}(v) \text{ für alle } v \in V \setminus \{w\} \},$$

(ii)

20 Menge der Bäume, deren Maximalabstand minimal ist:

$$O_2 := \{K \in \mathcal{K}; L(K) = L_{\min}\},$$

(iii)

Menge der Bäume, deren Maximaldurchsatz minimal ist:

$$O_3 := \{K \in \mathcal{K}; D(K) = D_{\min}\}.$$

30

Es ist leicht einsehbar, dass $O_1 \subset O_2$.

Falls gilt $O_2 \cap O_3 \neq \{\}$, so sind alle Bäume aus $O_2 \cap O_3$

35 Minimierer der Funktionen L und K und als Routing-Baum besonders geeignet.

Falls $O_2 \cap O_3 \neq \{\}$ nicht gilt, so sind relaxierte Problemstellungen notwendig.

5 (iv)

Menge der Bäume, deren Maximalabstand höchstens um $a \in N_0$ größer als minimal ist:

$$10 \quad O_4^a := \{K \in \kappa; L(K) \leq L_{\min} + a\}$$

(v)

15 Menge der Bäume, deren Maximaldurchsatz höchstens um $b \in N_0$ größer als minimal ist:

$$O_5^b := \{K \in \kappa; D(K) \leq D_{\min} + b\}.$$

20 Für eine geeignete Wahl von $a, b \in N_0$ wird stets $O_4^a \cap O_5^b \neq \{\}$ möglich sein.

Die Problemstellung lässt sich aber auch als multikriterielles kombinatorisches Optimierungsproblem mit zwei Zielfunktionen auffassen.

Für den Fliesen-Graphen gemäß Fig.9b ist der Routing-Baum 1000 gemäß Fig.10 sicherlich nicht optimal und zwar nach
30 keiner der obigen Kriterien. Der Baum 1100 gemäß Fig.11 liegt dagegen sogar in O_1 geschnitten mit O_3 .

Oben wurde erläutert, wie die Wege des Informationsflusses im Fliesen-Netzwerk durch die Auswahl eines Routing-Baums aus
35 einer zulässigen Baum-Menge festgelegt werden können. Um die Anzeigeeinheits-Knoten mit den zum Bildaufbau nötigen

Informationen zu versorgen, wird jedem Knoten vom Portal-Knoten ausgehend eine elektronische Nachricht entlang dieser Wege übermittelt. Eine parallele Übermittlung aller elektronischen Nachrichten ist im Allgemeinen nicht möglich, da gewisse Kapazitäten, wie viele Nachrichten in einem Zeittakt über eine Kante übertragen werden können und wie viele Nachrichten in einem Knoten zwischengespeichert werden können (Queue), nicht überschritten werden dürfen. Eine zeitliche Abfolge (Dynamik) des Informationsflusses sollte daher bestimmt werden.

Sei im Folgenden (V, E, g) ein Fliesen-Graph mit Portal-Knoten w . Es sei $r := |V| - 1$ und $V = \{v_0, v_1, \dots, v_r\}$, $v_0 = w$. Ist zudem $K \in \mathcal{K}$ vorgegeben, so können gewisse "Gesamt"-Routing-Matrizen τ und anschließend gewisse "Einzel"-Routing-Matrizen σ^l , $l=1, \dots, r$, eingeführt werden.

In τ wird die Information enthalten sein, wie viele elektronische Nachrichten über die einzelnen Kanten aus K in den einzelnen Zeittakten zu übertragen sind. Dabei werden Bedingungen an τ so formuliert, dass die Kapazitäten eingehalten werden und am Ende in jedem Knoten eine elektronische Nachricht vorhanden ist. Zwischen verschiedenen Nachrichten (das heißt den Einzelfliesendaten) wird in τ noch nicht unterschieden. Wie ein Routing eines speziellen Einzelfliesendatums an die jeweilige Zielfliese erfolgt bzw. erfolgen kann, ist aus τ noch nicht unmittelbar ersichtlich. Doch können aus τ gewisse "Einzel"-Routing-Matrizen σ^l , $l=1, \dots, r$, abgeleitet werden, die genau dieses Routing der Einzelfliesendaten zu den Zielfliesen v_l , $l=1, \dots, r$, beschreiben. Die "Einzel"-Routing-Matrizen σ^l , $l=1, \dots, r$, sind dabei nicht notwendigerweise eindeutig, doch wird die Bewertung des Routings anhand der Routing-Dauer im Wesentlichen nur von τ abhängen. Im Weiteren wird daher ein Routing als bereits durch τ gegeben betrachtet.

Definition 14 (Routing-Abbildung, Routing-Matrix)

Es sei $K = \{k_1, \dots, k_r\} \in \mathcal{K}$ (beachte: $|K| = |V| - 1$). Es seien $c_{\text{port}}, c_{\text{net}}, q \in \mathbb{N}$. Eine $(c_{\text{port}}, c_{\text{net}}, q)$ -Routing-Abbildung oder

5 -Matrix über den durch K bestimmten Baum $(V, K, g|_K)$ ist eine Matrix

$$\tau = (\tau_{ij})_{\substack{i=1, \dots, n \\ j=1, \dots, r}} \in \mathbb{N}_0^{n,r}, n \in \mathbb{N},$$

10 mit folgenden Eigenschaften

(i)

15 $\tau_{ij} \leq c_{\text{port}}$ für alle $j \in \{1, \dots, r\}$ mit $k_j \in K_{\text{port}}$ und alle $i \in \{1, \dots, n\}$, sowie $\tau_{ij} \leq c_{\text{net}}$ für alle $j \in \{1, \dots, r\}$ mit $k_j \in K_{\text{net}}$ und alle $i \in \{1, \dots, n\}$,

20 (ii)

für alle $v \in V \setminus \{w\}$ und $1 \leq m \leq n$ gilt

$$\sum_{\substack{1 \leq i \leq m-1 \\ k_j \in K_{\text{term}}(v)}} \sum_{1 \leq j \leq r} \tau_{ij} - \sum_{\substack{1 \leq i \leq m \\ k_j \in K_{\text{init}}(v)}} \sum_{1 \leq j \leq r} \tau_{ij} \geq 0,$$

25

(iii)

für alle $v \in V \setminus \{w\}$ und $1 \leq m \leq n$ gilt

30

$$\sum_{\substack{1 \leq i \leq m \\ k_j \in K_{\text{term}}(v)}} \sum_{1 \leq j \leq r} \tau_{ij} - \sum_{\substack{1 \leq i \leq m-1 \\ k_j \in K_{\text{init}}(v)}} \sum_{1 \leq j \leq r} \tau_{ij} \leq q,$$

(iv)

für alle $v \in V \setminus \{w\}$ gilt

$$\sum_{1 \leq i \leq n} \sum_{\substack{1 \leq j \leq r, \\ k_j \in K_{\text{term}}(v)}} \tau_{ij} - \sum_{1 \leq i \leq n} \sum_{\substack{1 \leq j \leq r, \\ k_j \in K_{\text{init}}(v)}} \tau_{ij} = 1.$$

c_{port} heißt Kapazität der Zuleitungen, c_{net} heißt Kapazität der Netzwerkverbindungen und q heißt maximale Queue-Länge.

$$|\tau| := n$$

heißt Routing-Dauer. Die Menge aller $(c_{\text{port}}, c_{\text{net}}, q)$ -Routing-Matrizen über $(V, K, g|_K)$ werde mit

$$\mathcal{R}_{c_{\text{port}}, c_{\text{net}}, q}(K)$$

bezeichnet.

Die Erweiterung gegenüber den zuvor betrachteten Routing-Bäumen besteht in erster Linie darin, dass in τ zusätzlich eine zeitliche Komponente enthalten ist.

Der Matrixeintrag τ_{ij} , $i \in \{1, \dots, n\}$ $j \in \{1, \dots, r\}$ besagt, dass im i -ten Zeittakt τ_{ij} Nachrichten über die Kante k_j übertragen werden.

Bedingung (i) gewährleistet die Einhaltung von vorgegebenen Zuleitungskapazitäten und Netzwerkkapazitäten.

Bedingung (ii) sorgt für die nötige Kausalität im Netz. Nachrichten können nur dann von einem Knoten aus weitergeleitet werden, wenn sie zuvor (das heißt mindestens einen Zeittakt früher) an diesen Knoten übermittelt wurden.

$$i_y := \max \left\{ i \in \{1, \dots, i_{y+1} - 1\} : \tau_{i, p_y}^{l-1} > 0 \right\};$$

$$\sigma_{i_y p_y}^l := 1;$$

$$\tau^l := \tau^{l-1} + \sigma^l;$$

Man zeigt leicht, dass der Algorithmus wohldefiniert ist, und dass $\tau^r = 0^{n,r}$ gilt. Folglich ist

$$\sum_{1 \leq l \leq r} \sigma^l = \tau.$$

Es ist

$$\sum_{1 \leq i \leq n} \sum_{\substack{1 \leq j \leq r, \\ k_j \in K_{\text{term}}(v_i)}} \sigma_{ij}^l - \sum_{1 \leq i \leq n} \sum_{\substack{1 \leq j \leq r, \\ k_j \in K_{\text{init}}(v_i)}} \sigma_{ij}^l = \delta_{1\tilde{l}}.$$

für alle $l, \tilde{l} \in \{1, \dots, r\}$. Ein Matriceintrag $\sigma_{ij}^l = 1$ besagt, dass die Nachricht an v_i im i -ten Zeittakt über die Kante k_j weitergeleitet wird.

Als Beweisskizze zu obiger Wohldefiniertheit des Algorithmus werden zwei Lemmata aufgeführt:

Lemma 16 (Wohldefiniertheit von σ^1)

Es sei $l \in \{1, \dots, r\}$. Erfüllt $\tau^{l-1} \in N_0^{n,r}$ die Bedingung (ii) aus Definition 14 für alle $v \in V \setminus \{w\}$ und Bedingung (iv) aus

Definition 14 für $v := e_1$, so lässt sich σ^1 gemäß dem Algorithmus wählen.

5 Lemma 17 (Eigenschaften von τ^1)

Es sei $l \in \{1, \dots, r\}$, Erfüllt $\tau^{1-1} \in N_0^{n,r}$ die Voraussetzungen von Lemma 16 und wird σ^1 gemäß obigem Algorithmus gewählt, so erfüllt auch τ^1 die Voraussetzungen von Lemma 16.

10

Definition 18 (Routing-Matrix zu einzelmem Knoten)

Es seien $c_{port}, c_{net}, q \in N$. Es sei $(K, \tau) \in R_{c_{port}, c_{net}, q}$ und

15 es seien die Matrizen $\sigma^1, l = 1, \dots, r$, gemäß obigen Algorithmus gewählt. Dann heißen die $\sigma^1, l = 1, \dots, r$, Routing-Matrizen zu den Knoten $v_l, l = 1, \dots, r$ bzgl. (K, τ) .

Oft gehen wir bei der Konstruktion der Matrizen τ und
20 $\sigma^1, l = 1, \dots, r$ umgekehrt vor. Wir legen Matrizen $\sigma^1, l = 1, \dots, r$, fest, indem wir angeben, in welcher zeitlichen Abfolge die Nachricht an v_l über den Weg $\gamma_K(v_l)$ weitergeleitet wird. τ ergibt sich dann aus

$$25 \quad \tau := \sum_{1 \leq l \leq r} \sigma^1.$$

Die zeitliche Abfolge des Routings zu jedem einzelnen Knoten und damit die $\sigma^1, l = 1, \dots, r$, sind dabei so zu wählen, dass
30 die Kapazitäten von Kanten und Knoten nicht überschritten werden, d. h. dass τ die Punkte (i) und (iii) aus Definition 14 erfüllt.

Im Weiteren werden Kriterien zu einem "günstigen" und nach Möglichkeit "optimalen" Auswahl von Routing-Verfahren in einem Anzeigeeinheits-Graphen angegeben. Es wird ein Routing im Weiteren dann als optimal bezeichnet, wenn es die kürzest mögliche Dauer beansprucht. Um dies in mathematische Sprache fassen zu können, werden folgende Begriffe eingeführt.

Sei dabei (V, E, g) stets ein Anzeigeeinheits-Graph und sei wie zuvor $V = \{v_0, \dots, v_r\}$ mit $v_0 = w$.

Definition 19 (Minimale Routing-Dauer)

(i)

Sei $K = \{k_1, \dots, k_r\} \in \mathcal{K}$ und seien $c_{\text{port}}, c_{\text{net}}, q \in \mathbb{N}$. Dann definiert

$$T_{c_{\text{port}}, c_{\text{net}}, q}^{\min}(K) := \min_{\tau \in R_{c_{\text{port}}, c_{\text{net}}, q}(K)} \{\tau\}$$

die minimale Routing-Dauer über den durch K festgelegten Baum $(V, K, g|_K)$.

(ii)

Seien $c_{\text{port}}, c_{\text{net}}, q \in \mathbb{N}$. Dann definiert

$$T_{c_{\text{port}}, c_{\text{net}}, q}^{\min} := \min_{K \in \mathcal{K}} \{T_{c_{\text{port}}, c_{\text{net}}, q}(K)\}$$

die minimale Routing-Dauer im Fliesen-Graphen.

Definition 20 (Optimales Routing)

(i)

- 5 Sei $K = \{k_1, \dots, k_r\} \in \mathcal{K}$ und seien $c_{\text{port}}, c_{\text{net}}, q \in \mathbb{N}$. Unter einer optimalen Routing-Matrix im durch K festgelegten Baum $(V, K, g|_K)$ wird eine Routing-Matrix verstanden aus folgender Menge

$$10 \quad R_{c_{\text{port}}, c_{\text{net}}, q}^{\min}(K) := \left\{ \tau \in R_{c_{\text{port}}, c_{\text{net}}, q}(K); |\tau| = T_{c_{\text{port}}, c_{\text{net}}, q}^{\min}(K) \right\}.$$

(ii)

- 15 Seien $c_{\text{port}}, c_{\text{net}}, q \in \mathbb{N}$. Unter einem optimalen Routing wird ein Routing verstanden aus folgender Menge

$$R_{c_{\text{port}}, c_{\text{net}}, q}^{\min} := \left\{ (K, \tau); K = \{k_1, \dots, k_r\} \in \mathcal{K}, \tau \in R_{c_{\text{port}}, c_{\text{net}}, q}(K) \right. \\ \left. \text{und } |\tau| = T_{c_{\text{port}}, c_{\text{net}}, q}^{\min} \right\}$$

20

Die Wahl einer optimalen Routing-Matrix bei bereits festgelegtem Routing-Baum im Sinne von Definition 20 (i) ist einfach. Sie wird im vorliegenden Abschnitt für die Sonderfälle c_{port} und $c_{\text{net}} = 1$ und c_{port} und $c_{\text{net}} > 1$ 25 erläutert.

30

Die Lösung des in Definition 20 (ii) gestellten Optimierungsproblems bei freier Wahl des Routing-Baumes ist erheblich schwieriger. Um es exakt zu lösen, ist das Problem meist zu komplex. Im Folgenden werden aus diesem Grund heuristische Verfahren zu seiner Lösung erläutert. Die Lösung des Optimierungsproblems aus Definition 20 (i) bei festgelegtem Routing-Baum liefert dabei wichtige Strategien für die günstige Wahl des Routing-Baums.

Zunächst wird der Sonderfall erläutert, bei dem gilt $c_{\text{port}} = c_{\text{net}} = 1$.

Es sei $q \in \mathbb{N}$ beliebig und $K \in \mathcal{K}$. Ohne Beschränkung der Allgemeingültigkeit gelte $K_{\text{port}} = E_{\text{port}}$ (ansonsten betrachte $u \in V_{\text{port}} \setminus g^+(K_{\text{port}})$ nicht als Einleitknoten, setze also $V_{\text{port}} := g^+(K_{\text{port}})$).

Wegen $c_{\text{port}} = 1$ überlegt man leicht, dass

$$T_{c_{\text{port}}, c_{\text{net}}, q}^{\min}(K) \geq \max_{v \in V_{\text{port}}} d_K(v) = D(K).$$

Es liegt sogar Gleichheit vor. Sei dazu

$$n := \max_{v \in V_{\text{port}}} d_K(v) = D(K).$$

Die Idee des folgenden Routings ist, dass in jedem Zeittakt über jede Zuleitung eine elektronische Nachricht in die Einleitknoten gelangt und in den folgenden Zeitintervallen schrittweise an ihren jeweiligen Zielknoten, das heißt den Ziel-Fliesen-Prozessor, weitergeleitet wird. Es werden zunächst die Nachrichten an die weiter entfernten Knoten, später die Nachrichten an die nah am Portal-Knoten liegenden Knoten, das heißt Fliesen-Prozessor, eingespeist. Ein entsprechendes Routing ist in den Fig.12a bis Fig.12i für den Fall $c_{\text{port}} = c_{\text{net}} = 1$ dargestellt. Mit den kleinen Vierecken ist jeweils eine elektronische Nachricht 1201 symbolisiert, welche über den Portal-Knoten 1202 zu den Einleit-Fliesen-Prozessoren 1203 in die Fliesen-Anordnung 100 geführt wird.

Es wird betrachtet $u \in V_{\text{port}}$ und es wird gesetzt $d := d_K(u) = |V_K(u)|$. Es sei

$V_K(u) = \{v_{q_1}, \dots, v_{q_d}\}$ mit $v_{q_1} = u$ derart angeordnet, dass

$$\Gamma_K(v_{q_i}, v_{q_j}) = \{\} \quad (1)$$

für $i > j$. Dies ist insbesondere dann erfüllt, wenn

$$|\gamma_K(v_{q_i})| \geq |\gamma_K(v_{q_j})|$$

für $i > j$. Sei nun $l \in \{1, \dots, d\}$ beliebig und sei $(k_{p_1}, \dots, k_{p_z})$ $z \in \mathbb{N}$, der Weg von w nach v_{q_1} .

Dann setze für alle $i \in \{1, \dots, n\}$ und $j \in \{1, \dots, r\}$

$$\sigma_{ij}^{q_1} := \begin{cases} 1 & \text{falls } 1 + (d-1) \leq i \leq z + (d-1) \text{ und } p_{i-(d-1)} = j, \\ 0 & \text{sonst.} \end{cases}$$

Um zu zeigen, dass σ^{q_1} eine Routing-Matrix zu v_{q_1} definiert, genügt es zu zeigen, dass

$$z + (d-1) \leq n,$$

denn dann reichen die n Zeittakte, um die Nachricht gemäß unserer Konstruktion von σ^{q_1} an ihr Ziel v_{q_1} zu leiten.

Wegen (1) ist $1 \geq z$ und damit

$$z + (d-1) \leq d \leq n$$

und damit ist es gezeigt.

Entsprechend obiger Überlegungen lassen sich durch Betrachtung aller Einleitknoten schließlich die σ^l für alle $l \in \{1, \dots, r\}$ bestimmen. Wie üblich wird gebildet

$$\tau := \sum_{l=1}^r \sigma^l.$$

- 5 Man sieht leicht, dass τ dann wirklich ein $(1,1,q)$ -Routing über $(V, K, g|_K)$ für beliebige $q \in \mathbb{N}$ definiert und nach obigen Überlegungen optimal ist. Es gilt also

$$T_{c_{\text{port}}, c_{\text{net}}, q}^{\min}(K) = \max_{v \in V_{\text{port}}} d_K(v) = D(K).$$

- Fig.12a zeigt den Ausgangszustand, zu dem alle Nachrichten 1201 in dem Portal-Knoten 1202 gespeichert sind. Nach einem ersten Zeittakt sind die ersten zwei Nachrichten 1201 den
- 15 Einleit-Fliesen-Prozessoren 1203, das heißt den Fliesen-Prozessoren der Fliesen-Anordnung 100, über welche die Information über die Fliesen-Anordnung zu den jeweiligen Fliesen-Prozessoren zugeführt werden können, zugeführt und dort zwischengespeichert (vgl. Fig.12b). Nach einem weiteren
- 20 Zeitschritt (vgl. Fig.12c) sind die ersten beiden Nachrichten schon an erste innere Knoten 1204 der Fliesen-Anordnung übertragen und zwei weitere Nachrichten 1201 sind den Einleit-Fliesen-Prozessoren 1203 zugeführt worden. Nach jeweils einem weiteren Zeitschritt ist die jeweilige
- 25 elektronische Nachricht 1201 immer um jeweils einen Fliesen-Prozessor weiter übertragen worden und es sind jeweils zwei neue Nachrichten 1201 in die Fliesen-Anordnung 100 zugeführt worden, anders ausgedrückt den Einleit-Fliesen-Prozessoren 1203 zugeführt. Die Fig.12d, Fig.12e, Fig.12f, Fig.12g,
- 30 Fig.12h, Fig.12i zeigen das sukzessive Voranschreiten der Übertragung der Nachrichten bis zu ihrem jeweiligen Ziel-Fliesen-Prozessor nach jeweils einem Zeittakt.

Als eine mögliche vorteilhafte Strategie für die Wahl eines optimalen Routings bei freier Wahl des Routing-Baums im Sinne von Definition 20 (ii) kann festgehalten werden:

- 5 Wähle den Routing-Baum so, dass alle Einleit-Knoten möglichst gleich großen (genauer: maximal um den Wert 1 unterschiedlichen) Durchsatz besitzen und setze die Routing-Matrix entsprechend obigen Überlegungen.
- 10 Im Weiteren wird der zweite Sonderfall kurz erläutert, bei dem gilt:

$c := c_{port} = c_{net} > 1, q \geq c.$

- 15 Sei $K \in \mathcal{K}$. Ohne Beschränkung der Allgemeingültigkeit gelte wiederum $K_{port} = E_{port}$.

In diesem Fall ist es schwieriger, die minimale Routing-Dauer im Voraus anzugeben. Es wird somit eine Routing-Matrix

- 20 entwickelt, die ein optimales (c_{port}, c_{net}, q) -Routing über $(V, K, g|K)$ definiert. Aus ihr kann schließlich die minimale Routing-Dauer ermittelt werden. Die Idee für diese Variante des Routings ist gleich der für den Fall $c_{port} = c_{net} = 1$ zuvor entwickelten, nur dass in diesem Fall stets $c = c_{port} = c_{net}$ Nachrichten gleichzeitig in einen Einleit-Knoten eingeleitet werden, um von dort aus an die am weitesten entfernten, noch nicht benachrichtigten Knoten weitergeleitet zu werden. Ein solches Routing ist wiederum in den Fig.13a bis Fig.13f skizziert.

30

Es sei zunächst

$$\tilde{n} := \max_{v \in V_{port}} d_K(v).$$

35

56

Es sei $u \in V_{\text{port}}$ und es sei $d := d_K(u) = |V_K(u)|$. Es sei $V_K(u) = (v_{q_1}, \dots, v_{q_d})$ mit $v_{q_1} = u$ so angeordnet, dass

$$|V_K(v_{q_i})| \geq |V_K(v_{q_j})|$$

5

falls $i > j$. Sei $l \in \{1, \dots, d\}$ und $\hat{d} := \left\lfloor \frac{d-1}{c} \right\rfloor$, d. h. die
nächst kleinere ganze Zahl zu $\frac{d-1}{c}$. Sei $(k_{p_1}, \dots, k_{p_z})$ der
Weg von w nach v_{q_1} . Setze nun für alle $i \in \{1, \dots, \tilde{n}\}$ und
 $j \in \{1, \dots, r\}$

$$\tilde{\sigma}_{ij}^{q_1} := \begin{cases} 1 & \text{falls } 1 + \hat{d} \leq i \leq z + \hat{d} \text{ und } p_{i-\hat{d}} = j \\ 0 & \text{sonst} \end{cases}$$

Wie zuvor, bestimme auf die Weise $\tilde{\sigma}^l$ für alle $l \in \{1, \dots, r\}$
und setze

15

$$\tilde{\tau} := \sum_{l=1}^r \tilde{\sigma}^l$$

Streiche nun all diejenigen Zeilen in $\tilde{\tau}$, die gleich 0 sind,
d. h. setze

$$n := \min \{ \hat{n} \in \mathbb{N}; \tau_{ij} = 0 \text{ für alle } \hat{n} < i \leq \tilde{n} \text{ und } j = 1, \dots, r \}$$

und

$$25 \quad \tau := (\tau_{ij})_{\substack{i=1, \dots, n \\ j=1, \dots, r}}$$

Man kann zeigen, dass τ ein optimales $(c_{\text{port}}, c_{\text{net}}, q)$ -Routing
über $(V, K, g|_K)$ für beliebige $q \geq c$ definiert. Des Weiteren
gilt

30

57

$$\left\lceil \frac{D(K)}{c} \right\rceil = \max_{v \in V_{\text{port}}} \left\lceil \frac{d_K(v)}{c} \right\rceil \leq n \leq \max_{v \in V_{\text{port}}} d_K(v) = D(K)$$

und

$$5. \quad L(K) \leq n.$$

Wie groß n nun tatsächlich ist, hängt von der konkreten Struktur der Äste der Einleitknoten ab, kann aber leicht berechnet werden. Dazu wird zunächst für jedes $u \in V_{\text{port}}$ die

10 Anzahl der Zeittakte n_u berechnet, die benötigt wird, um alle Nachrichten an die Knoten des Astes von u zu routen. $V_K(u)$ und d seien dabei wie oben. Dann gilt:

$$n_u = \max_{l \in \{1, \dots, d\}} \left(\left\lceil \gamma_K(v_{q_l}) \right\rceil + \left\lfloor \frac{d-1}{c} \right\rfloor \right).$$

15

Daraus ergibt sich die Routing-Dauer n als

$$n = \max_{u \in V_{\text{port}}} n_u.$$

20

Als alternative Strategie für die Wahl eines optimalen Routings bei freier Wahl des Routing-Baums im Sinne von Definition 20 (ii) ergibt sich somit:

25 Wähle den Routing-Baum so, dass alle Einleit-Knoten möglichst gleich großen Durchsatz besitzen und der Baum in den Ästen der Einleit-Knoten "ausreichend weit verzweigt" ist, so dass n möglichst nahe an $\left\lceil \frac{D(K)}{c} \right\rceil$ herankommt. Setze die Routing-Matrix entsprechend obigen Überlegungen.

30

Eine "ausreichend weite Verzweigung" liegt anschaulich dann vor, wenn für alle Einleit-Knoten Folgendes gilt: Betrachte den Ast des Einleit-Knotens, ordne die zugehörigen Knoten

nach aufsteigender Weglänge. Dann sollen sich die Weglängen der Knoten nur alle c Knoten um den Wert 1 erhöhen, das heißt c Knoten der Weglänge 2, c Knoten der Weglänge 3,

- 5 Bei geringen Kapazitäten der jeweiligen Knoten und der Zuleitungen ist es wichtiger, auf einen gleichmäßigen Durchsatz in dem Einleit-Knoten zu achten, da in diesem Fall üblicherweise der Durchsatz durch die Einleit-Knoten der ausschlaggebende Faktor für die Begrenzung der Routing-Dauer
- 10 nach unten ist. Die Einleit-Knoten stellen in diesem Falle gewissermaßen eine Engstelle des Baumes dar. Bei höheren Kapazitäten ist es dagegen wichtiger, auf ausreichend viele Verzweigungen im Baum und damit kurze Weglängen zu achten. Hier sind es üblicherweise die Weglängen, die die Routing-
- 15 Dauer nach unten begrenzen. Sehr hohe Kapazitäten sind dagegen gar nicht mehr sinnvoll, da das hexagonale Netz die Zahl der Verzweigungen limitiert und gewisse minimale Weglängen von der Topologie des Netzes, das heißt die Topologie der Vermaschung bzw. Verkopplung der Fliesen-
- 20 Prozessoren in der Fliesen-Anordnung 100 vorgegeben sind.

Im Weiteren werden Ausführungsbeispiele der Verfahren zur Selbstorganisation der Fliesen-Prozessoren in der Fliesen-Anordnung erläutert.

Gemäß den Ausführungsbeispielen wird folgende Situation vorausgesetzt:

- Der zentralen externen Einheit, das heißt dem Portalprozessor ist die Topologie des Netzwerkes, das heißt die Anordnung der Fliesen-Prozessoren in der Prozessor-Anordnung unbekannt.
 - Die Fliesen-Prozessoren sind durch bidirektionale Verbindungen miteinander vermascht.
 - Eine direkte Kommunikation erfolgt nur zwischen jeweils
- 35 einander unmittelbar benachbarten Nachbar-Fliesen-Prozessoren.

- Basis der Kommunikation ist der Austausch von elektronischen Nachrichten, wie sie beispielsweise in Fig.14 dargestellt sind.
- Jeder Kontakt mit anderen Komponenten zur Selbstorganisation (Positionsbestimmung, Erstellung von Routing-Tabellen etc.) und zum Bildaufbau wird durch verschiedene Nachrichten abgewickelt. Fig. 14 zeigt einen Fliesen-Prozessor einer ersten Fliese 1401 mit hexagonaler Form sowie einen Fliesen-Prozessor einer zweiten Fliese 1402, welche ebenfalls eine hexagonale Form aufweist. Die erste Fliese 1401 weist sechs bidirektionale Kommunikationsschnittstellen 1403 auf, was durch jeweils einen Doppelpfeil in Fig.14 angedeutet ist. Auch die zweite Fliese 1402 weist sechs bidirektionale Kommunikationsschnittstellen 1404 auf. Die erste Fliese 1401 und die zweite Fliese 1402 sind über eine Zuleitung 1405, das heißt eine elektrisch leitende Verbindung, welche selbstverständlich auch als optische Kommunikationsverbindung ausgestaltet sein kann oder als Funkverbindung miteinander derart gekoppelt, dass sowohl eine erste Nachricht 1406 von der ersten Fliese 1401 zu der zweiten Fliese 1402 übermittelt werden kann als auch eine zweite Nachricht 1407 von der zweiten Fliese 1402 zu der ersten Fliese 1401.

Gemäß den vorliegenden Ausführungsbeispielen sind in fehlerfreiem Zustand alle Fliesen 1401, 1402 und damit alle Fliesen-Prozessoren miteinander voll vermascht über die entsprechenden Zuleitungen und die bidirektionalen Kommunikationsschnittstellen.

Die oben genannte Problemstellung wird durch Selbstorganisation basierend auf lokalem Nachrichtenaustausch zwischen zwei einander unmittelbar benachbarten Fliesen 1401, 1402 gelöst.

Das Selbstorganisationsverfahren besteht somit aus verteilten uniformen Algorithmen, die diese elektronischen Nachrichten über deren Kommunikationsschnittstellen übertragen.

5 Im Laufe des Verfahrens erlernen die Fliesen-
Prozessoreinheiten die Ausrichtung ihrer Fliese und ihre
ebene Position innerhalb der Fliesen-Anordnung sowie den
Abstand der jeweiligen Fliese zu dem Portalprozessor,
allgemein zu einer Referenzposition. Die Referenzposition
10 kann auch die Position einer Prozessoreinheit, welche sich an
der Einleitstelle der Fliesen-Anordnung 100 befindet, sein.
In weiteren Schritten werden lokal Routing-Wege zwischen den
einzelnen Fliesen und dem Portalprozessor geprägt. Die
Algorithmen zur Wahl der Routing-Wege sind dabei derart
15 ausgelegt, dass bei einem gleichmäßigen Informationsfluss die
Routing-Dauer möglichst minimal wird. Die Selbstorganisation
legt auch den Algorithmus zur Verteilung der Information bei
Einsatz der Fliesen-Anordnung 100 im Rahmen des
Informationsdarstellung mittels der Fliesen-Anordnung 100,
20 fest. Aufgrund der speziellen Konzeption des Verfahrens
spielen die Form der Fliesen-Anordnung 100 und damit auch
ausgefallene Einzelkomponenten keine Rolle, womit
erfindungsgemäß eine hohe Fehlertoleranz erreicht wird.

Das gesamte Verfahren weist eine Vereinigung folgender Teil-
Verfahren auf:

- Uniforme Teilalgorithmen zur Nachrichtenverarbeitung,
die von den Fliesen-Prozessoren ausgeführt werden,
- dem Steueralgorithmus des Portalprozessors,
- 30 • einem Nachrichtenkatalog, welcher die Schnittstelle der
Teilalgorithmen darstellt.

Im Folgenden wird ohne Einschränkung der Allgemeingültigkeit
eine hexagonale Vermaschung der Fliesen innerhalb der
35 Fliesen-Anordnung 100 angenommen.

Die Übertragung der Algorithmen auf den orthogonalen Fall oder andere ebene Vermaschungen ist aber erfindungsgemäß vollkommen analog zu dieser unten gegebenen Darstellung.

- 5 Gemäß einem Kommunikations-Schichtenmodell unterhalb der erfindungsgemäß benötigten Funktionen liegende Funktionen, beispielsweise Ping-Nachrichten, die Sicherung der Übertragung mittels Prüfsummen, Empfangsbestätigung, Neuanforderung defekter Nachrichten etc. werden im Weiteren
10 nicht berücksichtigt. Diese können jedoch ohne Weiteres im Rahmen der Erfindung implementiert sein.

- Generell gilt bei den im Weiteren beschriebenen Verfahrensschritten, dass jeder Fliesen-Prozessor aufgrund
15 empfangener Nachrichten für jeden seiner Nachbar-Fliesen-Prozessoren einen Datensatz anlegt, der die gewonnenen Informationen in einem dem jeweiligen Prozessor zugeordneten Speicher speichert.

- 20 In einem ersten Teil-Verfahren lernen die Fliesen-Prozessoren eine gleichmäßige Ausrichtung der Fliesen.

Da alle Verbindungen des Portalprozessors gemäß obiger Konvention mit der Südwest-Seite der entsprechenden Einleit-Fliesen-Prozessoren an den Einleitstellen verknüpft sind, kann dies zur Erzeugung der Kohärenz verwendet werden.

- Dazu werden MessKoherenz-Nachrichten versendet, die als
30 Parameter die Anzahl der Verbindungen enthalten, die die Empfangsverbindung gegen den Uhrzeigersinn von der Ostrichtung, wie oben definiert, entfernt ist.

Jeder Fliesen-Prozessor ist zur Initialisierung als inkohärent gesetzt.

Bei Empfang einer MessKoherenz-Nachricht 1501 (vgl. Fig.15) werden von dem die MessKoherenz-Nachricht 1501 empfangenden Prozessoreinheit 1500 die folgenden Schritte durchgeführt:

- 5 1. Falls die Prozessoreinheit 1500 schon kohärent ist, wird die Verarbeitung beendet.
2. Die Ost-Richtung wird anhand des Nachrichtenparameters bestimmt und alle Verbindungsbezeichnungen /
- 10 Verbindungsnummerierungen werden entsprechend ausgerichtet.
3. Die Prozessoreinheit 1500 wird als kohärent gesetzt.
4. Über alle Verbindungen werden MessKoherenz-Nachrichten
- 15 1601, 1602, 1603, 1604, 1605, 1606 von der Prozessoreinheit 1500 ausgesendet, deren Parameter jeweils so gewählt werden, dass die die jeweilige MessKoherenz-Nachricht 1601, 1602, 1603, 1604, 1605, 1606 empfangenden Prozessoreinheiten 101 sich auf obige Weise korrekt ausrichten können (vgl. Fig.16).

20

Das Teil-Verfahren zur gleichmäßigen Ausrichtung wird dadurch in Gang gesetzt, dass der Portalprozessor über seine Verbindungen die MessKoherenz-Nachricht(2) mit dem Parameterwert 2 an die jeweiligen Einleit-Fliesen-Prozessoren übermittelt. Das Teil-Verfahren terminiert, wenn die letzte Prozessoreinheit kohärent geworden ist.

- Die Zahl der benötigten Zeittakte zur Durchführung des Prozesses entspricht der maximalen Distanz eines Fliesen-
- 30 Prozessors von den Portalprozessor. Bis zum "Ersterben" der letzten Nachrichtenkommunikation können eventuell noch ein bis zwei Zeittakte mehr benötigt werden.

- In einem weiteren Teil-Verfahren ermitteln die Fliesen-
- 35 Prozessoren mittels Austauschs elektronischer Nachrichten untereinander automatisch ihre örtliche Position innerhalb der Fliesen-Anordnung.

Da das hexagonale Feld der Fliesen innerhalb der Fliesen-Anordnung 100 aus jeweils versetzten Zeilen besteht, wird das Koordinatensystem gemäß diesem Ausführungsbeispiel so
5 gewählt, dass die Spaltennummern in den Zeilen abwechselnd geradzahlig oder ungeradzahlig sind.

Es ist in diesem Zusammenhang darauf hinzuweisen, dass bei einem orthogonalen Aufbau der Fliesen-Anordnung das
10 Koordinatensystem sehr einfach kanonisch wählbar ist.

Auf die oben beschriebene Weise wird es bei dem hexagonalen Feld ermöglicht, dass ein Prozessor unabhängig von der Geometrie der Fliesen-Anordnung aus seiner eigenen Position
15 (i, j) mit Zeile i und Spalte j die Positionen seiner Nachbar-Fliesen ermitteln kann.

Die jeweiligen Positionen sind in Fig.17 für die Prozessoreinheit einer Fliese 1500 dargestellt. Wie man in
20 Fig.17 sieht, ist als Konvention vereinbart, dass die Spaltennummern von West nach Ost (von links nach rechts) ansteigen und die Zeilennummern von Süd nach Nord (von unten nach oben) ansteigen.

Zur Positionsbestimmung werden gemäß diesem Ausführungsbeispiel MessPosition-Nachrichten 1701, 1702, 1703, 1704, 1705, 1706 ausgetauscht, die zwei Parameter
30 enthalten, nämlich die Zeilennummer und die Spaltennummer, die die MessPosition-Nachricht 1701, 1702, 1703, 1704, 1705, 1706 sendende Prozessoreinheit als von ihr angenommene Position der die jeweilige Nachricht 1701, 1702 1703, 1704, 1705, 1706 empfangenden Prozessoreinheit berechnet hat.

Zur Initialisierung ist die Position jedes Fliesen-Prozessors
35 als (0,0) definiert. Der Prozess der Positionsbestimmung beginnt bei jedem Fliesen-Prozessor, sobald er kohärent geworden ist, wie oben erläutert wurde.

Über alle Verbindungen werden dann die MessPosition-Nachrichten 1701, 1702, 1703, 1704, 1705, 1706 versendet, wie in Fig.17 dargestellt.

5

Bei Empfang einer Mess-Position-Nachricht 1701, 1702, 1703, 1704, 1705, 1706 mit Zeilenparameter z und Spaltenparameter s werden von der jeweiligen empfangenden Prozessoreinheit die folgenden Schritte durchgeführt:

10

1. Falls $z > i$, wobei i die eigene Zeilennummer darstellt, so wird $i = z$ gesetzt.

15

2. Falls $s > j$, wobei j die eigene Spaltennummer darstellt, so wird $j = s$ gesetzt.

20

3. Falls sich aufgrund von Schritt 1 oder Schritt 2 eine Änderung der eigenen Position (i, j) ergeben hat, so werden über alle Verbindungen MessPosition-Nachrichten 1701, 1702, 1703, 1704, 1705, 1706 versendet, wie in Fig.17 dargestellt.

Das Teil-Verfahren wird beendet, wenn sich keine Positionsänderungen mehr ergeben.

25

Fig.18 zeigt ein Beispiel für die Fliesen-Anordnung 1800 mit verschiedenen Defekten, welches nach der oben beschriebenen Vorgehensweise automatisch die Positionen der einzelnen Prozessoren und damit der Fliesen bestimmt hat. Gemäß diesem Ausführungsbeispiel wurden sowohl ausgefallene, d.h.

30

fehlerhafte Prozessoren als auch ausgefallene Verbindungen verwendet. Dieses Ausführungsbeispiel dient auch im Weiteren Verlauf dieser Beschreibung in zwei Varianten mit einer unterschiedlichen Anzahl von Einleit-Prozessoreinheiten zur Beschreibung der weiteren Teil-Verfahren.

35

Die Zahl der benötigten Zeittakte zur Durchführung des Prozesses ist nach oben begrenzt durch die maximale Distanz

eines Fliesen-Prozessors von einem anderen Fliesen-Prozessor in der Prozessor-Anordnung. Bis zum "Ersterben" der letzten Nachrichtenkommunikation können noch ein bis zwei Zeittakte mehr benötigt werden. Üblicherweise ist jedoch das Teil-
5 Verfahren in Abhängigkeit der Geometrie der Prozessor-Anordnung 1800 in der Regel sogar schneller durchführbar.

In diesem Zusammenhang ist anzumerken, dass bei der Darstellung von Information von dem Portalprozessor eine
10 Abbildung auf das so ermittelte Koordinatensystem der Fliesen-Anordnung 1800 durchgeführt wird. Bei dem in späteren Teil-Verfahren erfolgten Aufbau von Routing-Wegen werden dem Portalprozessor die jetzt lokal gespeicherten Informationen übermittelt, so dass eine entsprechende Abbildung in dem
15 Portalprozessor erfolgen kann.

In Fig.18 ist in der Fliesen-Anordnung jeweils für jede Fliesen 1801 ihre örtliche Position innerhalb der Fliesen-Anordnung 1800 in Form eines Wertetupfels aufgetragen.
20

In einem zusätzlichen Teil-Verfahren wird der jeweilige Abstand einer Prozessoreinheit und damit der Fliese von dem Portalprozessor, das heißt die Länge des Weges von dem Fliesen-Prozessor zum Portalprozessor (siehe auch Definition 6) ermittelt, allgemein der Abstand einer Fliese in der Fliesen-Anordnung 1800 von einer vorgegebenen Referenzposition.

Zur Initialisierung dieses Teil-Verfahrens ist der Abstand
30 jeder Fliese 1801 als "unendlich" definiert. Gemäß diesem Ausführungsbeispiel ist der Abstand jedes Fliesen-Prozessors zu dem Portalprozessor als ein Wert definiert, der größer ist als ein maximaler Wert, der innerhalb der Fliesen-Anordnung als Abstand angenommen werden kann.

Es wird ohne Einschränkung der Allgemeingültigkeit vorausgesetzt, dass die Schritte der oben dargestellten Teil-Verfahren bereits durchgeführt wurden.

5 Der Prozess der Abstandsbestimmung wird dann von dem Portalprozessor mittels Versendens von MessDistance(0)-Nachrichten an die Prozessoreinheiten an den Einleit-Stellen der Fliesen-Anordnung 1800 gestartet.

10 Bei Empfang einer MessDistance-Nachricht mit Abstandsparemeter a werden von der jeweiligen die MessDistance-Nachricht empfangenden Prozessoreinheit die folgenden Schritte durchgeführt:

- 15 1. Falls $d \geq a+1$, wobei d den eigenen Abstand darstellt, so wird $d = a + 1$ gesetzt.
2. Falls sich aufgrund von Schritt 1 eine Änderung des eigenen Abstandes d ergeben hat, so werden über alle
20 Verbindungen MessDistance-Nachrichten 1901, 1902, 1903, 1904, 1905, 1906 an die jeweils benachbarten Prozessoreinheiten versendet (vgl. Fig.19). Die jeweilige MessDistance-Nachricht 1901, 1902, 1903, 1904, 1905, 1906 enthält jeweils als Parameter den Abstandswert, den die
25 Prozessoreinheit der Fliese 1500 in dem vorangegangenen Schritt ermittelt hat.

Das Teil-Verfahren terminiert, wenn sich keine Abstandsänderungen mehr ergeben.

30

Fig.20 und Fig.21 zeigen die Fliesen-Anordnung 1800 gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel und eine Fliesen-Anordnung 2100 gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel, wobei bei der Fliesen-Anordnung 1800 gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel
35 alle Prozessoreinheiten 2001 der Fliesen in der untersten Zeile 2002 der Fliesen-Anordnung 1800 mit dem Portalprozessor über deren Südwest-Seite 2003 gekoppelt sind.

Bei der Fliesen-Anordnung 2100 gemäß dem zweiten Ausführungsbeispiel enthält die unterste Zeile 2101 der Fliesen-Anordnung 2100 sowohl Fliesen 2102, welche nicht mit dem Portalprozessor gekoppelt sind als auch Fliesen 2101, welche über deren an der Südwest-Seite angeordneten Kommunikationsschnittstellen 2104 mit dem Portalprozessor gekoppelt sind. Gemäß dem zweiten Ausführungsbeispiel ist jede dritte Fliese in der untersten Zeile 2101 über ihre an der Südwest-Seite liegenden Kommunikationsschnittstelle mit dem Portalprozessor verbunden.

Die Zahl der benötigten Zeittakte zur Durchführung des Prozesses entspricht der maximalen Distanz einer Fliese von dem Portalprozessor. Wiederum können bis zum "Ersterben" der letzten Nachrichtenkommunikation noch ein bis zwei Zeittakte mehr benötigt werden.

In diesem Zusammenhang ist anzumerken, dass jede Prozessoreinheit einer Fliese aufgrund der jeweils empfangenen Nachrichten auch die Entfernung seiner direkten Nachbar-Prozessoreinheiten von dem Portalprozessor bei sich lokal zur späteren Verwendung speichern kann.

Anschaulich wird in diesem Teil-Verfahren in einem iterativen Verfahren der eigene Abstandswert der Prozessoreinheit dann verändert, wenn der bisher gespeicherte Abstandswert größer ist als der um einen vorgegebenen Wert erhöhte empfangene Abstandswert in der jeweils empfangenen Nachricht. Für den Fall, dass eine Prozessoreinheit den eigenen Abstandswert verändert, erzeugt dieser eine MessAbstands-Nachricht und sendet diese über alle Kommunikationsschnittstellen an benachbarte Prozessoreinheiten, wobei die MessAbstands-Nachricht jeweils den eigenen Abstand als Abstandsinformation enthält oder den Abstandswert, den die empfangene Prozessoreinheit von dem Portalprozessor aufweist, vorzugsweise einen um einen vorgegebenen Wert erhöhten Wert

gegenüber dem eigenen Abstandswert, vorzugsweise einem Abstandswert, der um den Wert "1" erhöht ist.

5 Im Weiteren wird das Teil-Verfahren zur regulären Rückwärtsorganisation beschrieben.

Um die folgenden Verfahrensschritte durchführen zu können, ist es erforderlich, dass der Abstand eines Fliesen-Prozessors zu einer jeweiligen Referenzposition ermittelt
10 worden ist und somit bekannt ist und vorzugsweise als jeweilige Abstandsinformation in dem Speicher des jeweiligen Prozessors gespeichert ist.

15 In dem im Weiteren beschriebenen Teil-Verfahren werden die Verbindungen zwischen den jeweiligen Prozessoreinheiten im Weiteren als Kanäle bezeichnete Instanzen ausgezeichnet.

Die Mengen der Prozessoreinheiten mit dem Portalprozessor als Wurzel-Knoten und den Kanälen als Kanten zwischen den
20 jeweiligen Prozessoreinheiten bilden einen Baum. Dieser Baum wird für das anschließende Routing verwendet, wie es oben in Zusammenhang mit den graphentheoretischen Grundlagen beschrieben worden ist.

25 Die Kanäle werden in regulärer Weise so bestimmt, dass jede Prozessoreinheit auf einem kürzesten Weg mit dem Portal-Knoten verbunden wird.

30 Zur Initialisierung ist jeder Fliesen-Prozessor einer Fliese 1500 als „unorganisiert“ definiert. Der Prozess der Organisation wird von dem Portalprozessor mittels Versendens von MessOrganize-Nachrichten 2201, 2202, 2203, 2204, 2205, 2206, welche keinerlei Parameter aufweisen, über alle Verbindungen hinweg gestartet.

35

Bei Empfang einer MessOrganize-Nachricht 2201, 2202, 2203, 2204, 2205, 2206 werden von der jeweils die Nachricht

empfangenden Prozessoreinheit die folgenden Schritte durchgeführt:

1. Falls die Prozessoreinheit schon organisiert ist, wird die Verarbeitung beendet.

2. Über alle Verbindungen mit Ausnahme der Empfangsverbindung, das heißt der Verbindung, über die die MessOrganize-Nachricht 2201, 2202, 2203, 2204, 2205, 2206 empfangen worden ist, werden zusätzliche Mess-Organize-Nachrichten versendet (vgl. Fig.22).

3. Die Prozessoreinheit ermittelt aufgrund der zuvor ermittelten Abstandsinformationen eine Nachbar-Prozessoreinheit, deren Fliese einen geringeren Abstand als sie selbst von der Referenzposition, vorzugsweise somit von dem Portalprozessor, aufweist. Es wird diejenige Nachbar-Prozessoreinheit ausgewählt und als "Vorgänger" definiert, deren Fliese als erste nach der gemäß Fig.23 und Fig.24 festgelegten Reihenfolge einen geringeren Abstand aufweist als die Fliese der Prozessoreinheit selbst. Die Verbindung zwischen der Prozessoreinheit und ihrem "Vorgänger" wird besonders ausgezeichnet und "Kanal" genannt. Die Menge der Fliesen-Prozessoren mit dem Portalprozessor als Knoten und den Kanälen als Kanten bilden dann einen Baum. Bei einem regulären Display ohne Fehler führt diese Vorgehensweise auf ein "Zickzack-Muster" bei der Festlegung der Kanäle.

4. Dem "Vorgänger" wird eine MessChannel-Nachricht geschickt und die Prozessoreinheit wird als organisiert gesetzt.

Bei Empfang einer MessChannel-Nachricht wird von dem die Mess-Channel-Nachricht empfangenden Prozessor der Absender als "Nachfolger" definiert. Entsprechend ist dann die Verbindung zwischen der Prozessoreinheit und dem "Nachfolger" ein Kanal.

Das Teil-Verfahren terminiert, nachdem alle Prozessoreinheiten auf diese Weise sich organisiert haben.

5 Fig.25 zeigt beispielhaft eine organisierte Prozessoreinheit einer Fliese 2500, wobei die Verbindungen 2501, welche Kanäle sind, optisch hervorgehoben sind. Über die Kanäle 2501 werden beim Einsatz des Displays die darzustellenden oder erfassten Informationen geroutet.

10

Fig.26 und Fig.27 zeigen Beispiele für die Fliesen-Anordnung 1800 und 2100 nach erfolgter automatischer Organisation, wie oben beschrieben.

15 Die Zahl der benötigten Zeittakte zur Durchführung des Teil-Verfahrens zur rückwärts gerichteten Selbstorganisation entspricht der maximalen Distanz einer Fliesen vom Portalprozessor. Bis zum "Ersterben" der letzten Nachrichtenkommunikation können auch in diesem Fall ein bis
20 zwei Zeittakte mehr benötigt werden.

Die reguläre Rückwärtsorganisation führt bei fehlerfreien rechteckigen Fliesen zu gut balancierten Bäumen.

25 Da alle Fliesen innerhalb der Fliesen-Anordnung 1800, 2100 auf jeweils einem kürzesten Weg mit dem Portal verbunden sind, bestimmt dieser Algorithmus ein Element der oben definierten „optimalen Menge“ O_1 . Im Falle von Horizontalrissen 2600, 2700, wie in den Fig.26 und Fig.27
30 dargestellt, führt die oben beschriebene Vorgehensweise jedoch dazu, dass die durch den Riss verschatteten Anteile der Fliesen-Anordnung 1800, 2100 im Wesentlichen von einer einzigen Zuleitung vom Portal zum Display versorgt werden. Daher werden im Folgenden noch zusätzliche alternative
35 Möglichkeiten der Organisation beschrieben.

Zum Aufstellen von Routing-Tabellen ist der Durchsatz eines Fliesen-Prozessors von erheblicher Bedeutung.

Der Durchsatz ist die Menge von darzustellender Information,
5 die von diesem Prozessor jeweils verarbeitet oder weitergereicht werden muss.

Die mathematische Definition des Durchsatzes ist in Definition 6 oben gegeben.

10 Diese Zahl ist identisch mit der Menge der Information, die über den Eingangs-Kanal empfangen werden.

Zum Durchführen der folgenden Teil-Verfahrensschritte muss in
15 der Fliesen-Anordnung 1800, 2100 eine Baumstruktur beispielsweise mittels Kanäle organisiert worden sein, wie oben beschrieben.

Das Teil-Verfahren wird von dem Portalprozessor mittels
20 Versendens von Mess-Count-Notes-Nachrichten, welche keine Parameter aufweisen, über alle Verbindungen zu den jeweiligen Einleit-Prozessoreinheiten gestartet.

Bei Empfang einer eingehenden MessCountNodes-Nachricht 2801 über den Eingangs-Kanal werden von dem jeweils die MessCountNodes-Nachricht empfangenden Prozessoreinheit die folgenden Schritte durchgeführt:

1. Über alle Ausgangs-Kanäle der die MessCountNodes-Nachricht
30 empfangenden Prozessoreinheit werden wiederum MessCountNodes-Nachrichten 2802 versendet, wie in Fig.28 dargestellt.

2. Alle Nachbar-Prozessoreinheiten, die über Ausgangs-Kanäle
35 miteinander verbunden sind, werden mit einem Durchsatz mit dem Durchsatzwert "0" markiert.

3. Falls keine Ausgangs-Kanäle existieren, wird der eigene Durchsatz auf den Durchgangswert "1" gesetzt und es wird eine MessNodesSize-Nachricht 2901 über den Eingangs-Kanal an die jeweilige Vorgänger-Prozessoreinheit gesendet.

Fig. 29 zeigt für eine Prozessoreinheit 1500 zwei eingehende MessNodesSize-Nachrichten, eine erste eingehende MessNodesSize-Nachricht 2901, welche den Wert d_1 enthält und eine zweite eingehende MessNodesSize-Nachricht 2902 mit dem Parameter d_2 . Bei Empfang einer MessNodesSize-Nachricht mit Durchsatzparameter \hat{d} über einen Ausgangskanal werden von dem die MessNodesSize-Nachricht empfangenden Prozessoreinheit die folgenden Schritte durchgeführt:

1. Die Nachbar-Prozessoreinheit, von der die MessNodesSize-Nachricht 2901, 2902 empfangen wurde, wird mit dem Durchsatzparameter der MessNodesSize-Nachricht markiert.

2. Falls mindestens ein Ausgangs-Kanal mit einem Durchsatz mit dem Durchsatzwert „0“ markiert ist, wird die Verarbeitung beendet.

3. Falls alle Ausgangs-Kanäle mit einem Durchsatzwert > 0 markiert sind, so wird der eigene Durchsatz d als Summe aller Ausgangs-Durchsätze +1 berechnet.

4. Es wird eine zusätzliche MessNodesSize-Nachricht 2903 von der Prozessoreinheit erzeugt und mit dem Durchsatzwert d , welche sich ergibt, gemäß folgender Vorschrift: $d = d_1 + d_2 + 1$ gemäß dem oben beschriebenen Ausführungsbeispiel, über den jeweiligen Eingangs-Kanal gesendet.

Das Teil-Verfahren terminiert, nachdem der Portalprozessor über alle Verbindungen eine MessNodesSize-Nachricht erhalten hat.

Die Zahl der benötigten Zeittakte zur Durchführung des Teil-Verfahrens entspricht der doppelten maximalen Distanz einer Fliese vom Portalprozessor. Bis zum "Ersterben" der letzten Nachrichtenkommunikation können auch in diesem Fall noch ein bis zwei Takte mehr benötigt werden.

Fig.30 und Fig.31 zeigen Beispiele für die Fliesen-Anordnung 1800 bzw. 2100, nachdem auf die oben beschriebenen Weise die Durchsätze automatisch ermittelt wurden.

In den jeweiligen Fliesen-Prozessoren ist der jeweilige Durchsatzwert angegeben. Diese Beispiele zeigen, dass die Durchsätze derjenigen Einleit-Prozessoreinheiten sehr hoch sind, die das von dem jeweiligen Horizontalriss 2600, 2700 verschattete Gebiet der Fliesen-Anordnung 1800 bzw. 2100 versorgen müssen.

Daher wird im Weiteren ein alternatives Organisationsverfahren beschrieben, welches noch flexibler auf Fehler, das heißt Defekte und unreguläre Formen einer Fliesen-Anordnung 1800, 2100, reagieren kann.

Um einen möglichst gleichmäßigen Durchsatz zu erreichen, besteht ein heuristischer Lösungsansatz zur Auswahl eines Routing-Baums im sukzessiven Versenden von so genannten MessToken-Nachrichten, welche in der Fliesen-Anordnung 1800, 2100 "Plätze besetzen".

In Analogie zu einer allmählichen Einfärbung der Fliesen-Anordnung 1800, 2100 mittels Farbströmen wird jede Einleitstelle mit Token einer anderen "Farbe" beschickt. Auf diese Weise wird die Fliesen-Anordnung 1800, 2100 in Farbreionen unterteilt, die jeweils über eine Einleit-Prozessoreinheit von dem Portal-Knoten versorgt werden.

Anders ausgedrückt bedeutet dies, dass jeweils eine "Farbe" bzw. eine individuelle Markierung für jede von über eine jeweilige Einleit-Prozessoreinheit versorgte Prozessoreinheit vorgesehen ist.

5

Im Weiteren wird der Begriff "Farbe" zur anschaulicheren Darstellung und entsprechend ein mit gleicher Markierung markierter Bereich als "Farbregion" verwendet.

10 Es kommen folgende heuristische Strategien der Verteilung zum Tragen:

- Ein Tokengewicht bestimmt, um wie viel der Abstand zum Portal-Knoten maximal vergrößert werden darf aufgrund der Einfärbung.
- 15 • Einmal gefärbte Fliesen, das heißt Prozessoreinheiten, bleiben gefärbt, anders ausgedrückt bleiben markiert.
- Die den Token versendende Prozessoreinheit wird zum „Vorgänger“ und die Verbindung zu ihm zum Kanal. Im Weiteren nimmt die gefärbte Fliese, das heißt die
- 20 markierte Prozessoreinheit, nur noch von dem jeweiligen Vorgänger Token an.
- Token werden bevorzugt über Kanäle versendet.

Nach der kompletten Einfärbung der Prozessor-Anordnung 1800; 2100 ist eine Reorganisation innerhalb der gefärbten Bereiche erforderlich, da sich aufgrund des Teil-Verfahrens nicht optimale „Mäander-Kanäle“ 3501 bilden, wie beispielsweise in Fig.35 dargestellt.

30 Zunächst werden in den folgenden Unterabschnitten die Teil-Verfahren zur Verarbeitung der bei der Tokenvergabe verwendeten Nachrichten beschrieben.

Die Abstandsbestimmung innerhalb einer Farbregion ist

35 weitestgehend identisch zur allgemeinen, oben beschriebenen Abstandsbestimmung zu einer Referenzposition.

Der Farbabstand bestimmt dabei die Länge des kürzesten Weges einer Fliese zum Portalprozessor, wobei alle Fliesen des Weges derselben Farbregion angehören müssen.

- 5 Zur Initialisierung ist der Farbabstand jeder Fliese als unendlich definiert und seine Farbe als undefiniert. Gemäß diesem Ausführungsbeispiel ist der Abstand jeder Fliese zu dem Portalprozessor als ein Wert definiert, der größer ist als ein maximaler Wert, der innerhalb der Fliesen-Anordnung
- 10 als Abstand angenommen werden kann. Ebenso markiert die Prozessoreinheit seine Nachbar-Prozessoreinheiten und damit seine Nachbar-Fliesen als undefiniert gefärbt mit Farbabstand unendlich.
- 15 Bei Empfang einer MessColDistance-Nachricht mit Farbe c und Farbabstandsparameter a werden von der jeweiligen die MessColDistance-Nachricht empfangenden Prozessoreinheit die folgenden Schritte durchgeführt:
- 20 1. Die die MessColDistance-Nachricht versendende Prozessoreinheit wird mit der Farbe c und dem Farbabstand a markiert.
2. Falls die Farbe c nicht mit der eigenen Farbe f übereinstimmt, das heißt der Farbe f der die MessColDistance-Nachricht empfangenden Prozessoreinheit, so wird die Verarbeitung beendet.
3. Der eigene Farbabstand d wird als Minimum der Farbabstände von gleichfarbig markierten Nachbarn plus den Wert 1
- 30 gesetzt.
4. Falls sich aufgrund von Schritt 3 eine Änderung des eigenen Farbabstandes d ergeben hat, so werden über alle
- 35 Verbindungen MessColDistance-Nachrichten 3201, 3202, 3203, 3204, 3205, 3206 mit den Parametern (f, d), das heißt

anders ausgedrückt mit dem eigenen Farbabstand d und der eigenen Farbe f versendet (vgl. Fig.32).

Zum Blockieren von Nachbar-Prozessoreinheiten gegenüber empfangenen Token-Nachrichten werden erfindungsgemäß MessBlockToken-Nachrichten verwendet, das heißt nach Empfang einer solchen MessBlockToken-Nachricht dürfen zu diesen blockierten Nachbar-Prozessoreinheiten keine Token mehr versendet werden.

Gleichzeitig werden Farbe und Farbabstand wie bei der MessColDistance-Nachricht mitgeteilt.

Zur Initialisierung sind alle Nachbar-Prozessoreinheiten einer Prozessoreinheit als unblockiert gesetzt.

Bei Empfang einer eingehenden MessBlockToken-Nachricht 3301 mit der Farbe c und dem Farbabstandsparameter a als Nachrichtenparameter werden von der jeweils die MessBlockToken-Nachricht empfangenden Prozessoreinheit die folgenden Schritte durchgeführt;

1. Die die MessBlockToken-Nachricht versendende Prozessoreinheit wird als blockiert gesetzt und mit der Farbe c und dem Farbabstand a markiert.
2. Falls die Farbe c nicht mit der eigenen Farbe f , das heißt der Farbe des die Mess-Block-Token-Nachricht empfangenden Prozessoreinheit übereinstimmt, wird die Verarbeitung mit dem weiter beschriebenen Schritt 5 fortgesetzt.
3. Der eigene Farbabstand d wird als Minimum der Farbabstände von gleichfarbig markierten Nachbar-Prozessoreinheiten plus dem Wert 1 gesetzt.
4. Falls sich aufgrund von Schritt 3 eine Änderung des eigenen Farbabstands d ergeben hat, so werden von der

Prozessoreinheit MessColDistance-Nachrichten 3201, 3202, 3203, 3204, 3205, 3206 über alle Verbindungen mit Parametern (f, d) versendet, wie in Fig.32 dargestellt.

- 5 5. Falls es einen Eingangs-Kanal gibt und alle Nachbar-Prozessoreinheiten als blockiert gesetzt sind, so wird eine MessBlockToken-Nachricht 3302 mit den Parametern (f, d) erzeugt und über den Eingangs-Kanal versendet, wie in Fig.33 dargestellt.

10

Zum Einfärben, das heißt zum Markieren von Prozessoreinheiten und somit zum Definieren von Farbreionen, das heißt zu markierten Bereichen innerhalb der Prozessor-Anordnung 1800, 2100 werden erfindungsgemäß so genannte MessToken-Nachrichten

15 verwendet.

Bei der Verarbeitung von Mess-Token-Nachrichten ist zu unterscheiden, ob die Prozessoreinheit noch ungefärbt oder schon von einem Token gefärbt wurden.

20

Bei Empfang einer eingehenden MessToken-Nachricht 3401 mit dem Gewicht g und der Farbe f als Nachrichtenparameter werden von einer ungefärbten Prozessoreinheit, welche die Mess-Token-Nachricht 3401 empfängt, die folgenden Schritte durchgeführt:

1. Der potentielle eigene Farbabstand p_d wird als Minimum der Farbabstände von mit der Farbe f gefärbten Nachbar-Prozessoreinheiten + 1 gesetzt.
- 30
2. Falls das Gewicht $g \leq p_d - a$ ist, wobei a der Abstand (nicht der Farbabstand!) der Prozessoreinheit von dem Portalprozessor ist, so wird der die MessToken-Nachricht 3401 versendenden Prozessoreinheit eine MessBlock-Token-Nachricht geschickt und die Verarbeitung wird beendet (die
- 35 Ausbreitung der Tokens wird daher durch einen relaxierten Abstand beschränkt).

3. Die die MessBlockToken-Nachricht 3401 sendende
Prozessoreinheit wird als blockiert gesetzt. Die eigene
Farbe wird als f gesetzt und der eigene Farbabstand als
 pd .
4. Der die Mess-Token-Nachricht 3401 sendenden
Prozessoreinheit wird eine MessChannel-Nachricht geschickt
und die Prozessoreinheit wird als organisiert gesetzt.
Somit ist der Eingangs-Kanal festgelegt.
5. Über alle Verbindungen mit Ausnahme des Eingangs-Kanals
der Prozessoreinheit 1500 werden MessBlockToken-
Nachrichten 3402, 3403, 3404, 3405, 3406 versendet, wie in
Fig.34 dargestellt, um eine Tokenvergabe von dort zu
verhindern.
6. Falls alle Nachbar-Prozessoreinheiten als blockiert
gesetzt sind, so wird eine MessBlockToken-Nachricht 3402,
3403, 3404, 3405, 3406 über den Eingangs-Kanal gesendet,
wie in Fig.33 dargestellt.

Bei Empfang einer Mess-Token-Nachricht mit dem Gewicht g und
der Farbe f über den Eingangs-Kanal wird hingegen von einer
schon gefärbten Prozessoreinheit anders vorgegangen.

Man betrachtet bei einer geraden Spaltennummer eine
Reihenfolge $R = (SE, SW, E, W, NE, NW)$, was einer Reihenfolge
 R entspricht von (Südost, Südwest, Ost, West, Nordost,
Nordwest) und bei einer ungeraden Spaltennummer eine
Reihenfolge $R = (SW, SE, W, E, NW, NE)$, was entspricht einer
Reihenfolge (Südwest, Südost, West, Ost, Nordwest, Nordost)
und führt die folgenden Verfahrensschritte durch:

1. Falls die empfangene Mess-Token-Nachricht nicht über den
Eingangs-Kanal kam oder die Farbe f nicht mit der eigenen
Farbe übereinstimmt, wird die Verarbeitung beendet.

2. Falls es nach der Reihenfolge R einen unblockierten Ausgangs-Kanal gibt, so wird über diesen Ausgangs-Kanal eine MessToken-Nachricht mit den Parametern (g, f) geschickt, das heißt, das Token wird weitergereicht, und die Verarbeitung wird beendet.
3. Falls es nach der Reihenfolge R eine unblockierte Verbindung gibt, so wird über diese Verbindung eine MessToken-Nachricht (g, f) versendet und die Verarbeitung wird beendet.
4. Über den Eingangs-Kanal wird eine MessBlockToken-Nachricht geschickt, da sich das Token nicht weiterreichen lässt.

Da bei der Wahl der Farbregionen die Kanäle aufgrund des oben beschriebenen Teil-Verfahrens nicht optimal gesetzt werden können, wie in Fig.35 dargestellt, werden diese Kanäle mit MessDeleteChannels-Nachrichten gelöscht und später neu gesetzt. Zur Terminierung des Teil-Verfahrens wird die Nachricht mit einem Parameter "stamp" versehen, dessen Wert nicht identisch ist mit dem entsprechend gespeicherten Parameter in der Prozessoreinheit. In diesem Zusammenhang ist anzumerken, dass der Portalprozessor bei jeder Reorganisation einen anderen Parameter "stamp" verwendet.

Bei Empfang einer eingehenden MessDeleteChannels-Nachricht mit dem Parameter "stamp" werden von der die jeweilige MessDeleteChannels-Nachricht empfangenden Prozessoreinheit die folgenden Schritte durchgeführt:

1. Falls der eigene Stempelparameter identisch zu dem empfangenen Parameterwert "stamp" ist, wird die Verarbeitung beendet.
2. Der eigene Stempelparameter wird auf den Wert in der MessDeleteChannels-Nachricht "stamp" gesetzt.

3. Alle Kanäle werden gelöscht.

5 4. Über alle Verbindungen mit Ausnahme der Verbindung zu der die MessDeleteChannels-Nachricht sendenden Prozessoreinheit werden MessDeleteChannels-Nachrichten 3602, 3603, 3604, 3605, 3606 mit dem Parameter "stamp" gesendet, wie in Fig.36 dargestellt.

10 Nach Löschen der alten Kanäle werden neue Kanäle innerhalb einer Farbregion mittels Verwendens von MessColOrganize-Nachrichten gesetzt.

15 Die Verarbeitung von eingehenden MessColOrganize-Nachrichten 3701 und das Versenden von MessColOrganize-Nachrichten 3702, 3703, 3704, 3705, 3706 ist weitestgehend identisch zur Verarbeitung von MessOrganize-Nachrichten, wie oben beschrieben.

20 Ein Unterschied besteht jedoch darin, dass die betrachteten Nachbar-Prozessoreinheiten identisch wie die verarbeitende Prozessoreinheit eingefärbt sein müssen und dass nicht der Abstand, sondern der Farbabstand als Kriterium verwendet wird.

Zur Durchführung des oben beschriebenen Teil-Verfahrens sollten im Fliesen-Array alle beschriebenen Schritte bis zur Abstandsbestimmung wie oben erläutert durchgeführt worden sein.

30

Wie oben in dem ersten Ausführungsbeispiel werden die Verbindungen speziell als "Kanäle" ausgezeichnet.

35 In einem ersten Schritt wird von dem Portalprozessor über alle Verbindungen je eine MessColDistance-Nachricht 4001 (vgl. Fig.40) mit den Parametern (f, 0) mit unterschiedlichem Farbparameter f versendet. Somit markieren alle Nachbar-

Prozessoreinheiten des Portalprozessor dies mit einer unterschiedlichen Farbe.

Auf diese Weise ist gewährleistet, dass ausgehend von jeder
5 Einleit-Prozessoreinheit jeweils eine individuelle und eindeutige Markierung erfolgt.

In einem zweiten Schritt werden von dem Portalprozessor über
10 alle Verbindungen sukzessive MessToken-Nachrichten mit den Parametern (g, f) mit identischen Gewicht $g \in \mathbb{N}_0$ und unterschiedlichem Farbparameter f versendet, um alle Prozessoreinheiten der Fliesen-Anordnung 1800, 2100 einzufärben.

15 Das Teil-Verfahren terminiert, wenn über alle Verbindungen des Fliesen-Prozessors MessBlockToken-Nachrichten eingetroffen sind, das heißt wenn die Fliesen-Anordnung 1800, 2100 komplett eingefärbt wurde.

20 Es ist in diesem Zusammenhang anzumerken, dass die gesamte Fliesen-Anordnung 1800, 2100 mit diesem Verfahren immer komplett eingefärbt werden kann.

Fig.38 zeigt die Fliesen-Anordnung 2100 für den Fall, dass
5 sie mit dem Gewicht $g = 4$ eingefärbt wurde und bei der der Durchsatz nach der Organisation dargestellt wurde. Wie man im Vergleich mit Fig.30, die mittels regulärer Rückwärtsorganisation gebildet wurde, sieht, ist der Baum erheblich besser balanciert.

30 Allerdings bilden sich aufgrund der Konstruktion dieses Teil-Verfahrens innerhalb der gefärbten Bereiche Mäander-Wege 3801, so dass die Prozessoreinheiten nicht durch die kürzest mögliche Distanz mit dem Portalprozessor verbunden sind.

35 Daher wird in einem dritten Schritt vom Portalprozessor über alle Verbindungen eine MessDeleteChannels-Nachricht, wie oben

erläutert, geschickt, um die gebildeten Kanäle zu löschen. Direkt nach dieser Nachricht wird über alle Verbindungen eine MessColOrganize-Nachricht geschickt, die innerhalb der gefärbten Bereiche neue Kanäle bildet, welche dann kürzeste
5 Verbindungen darstellen.

Das Teil-Verfahren terminiert, nachdem sich alle Prozessoreinheiten auf diese Weise organisiert haben. Die Zahl der benötigten Zeittakte zur Durchführung der Prozesse
10 entspricht dem maximalen Farbabstand eines Fliesen-Prozessors vom Portalprozessor. Bis zum "Ersterben" der letzten Nachrichtenkommunikation können auch in diesem Fall noch ein bis zwei Takte mehr benötigt werden.

15 Der erzeugte Routing-Baum hängt von dem Gewicht g , welcher als Parameter in der jeweiligen Mess-Token-Nachricht enthalten ist, ab.

Fig.39 zeigt die Prozessor-Anordnung 1800 für nach erfolgter
20 Reorganisation mit Gewicht $g = 4$ und die entsprechenden Mäander-Wege 3901.

Das Gewicht g gibt an, um wie viel der Farbabstand einer Prozessoreinheit größer sein darf als der Abstands selbst. Je
5 größer das Gewicht g ist, desto besser balanciert wird üblicherweise der entstehende Baum sein, aber desto länger sind üblicherweise auch die Pfade in diesem Baum. Zur Erläuterung ist auf Fig.41 hinzuweisen, in der die Fliesen-Anordnung 1800 nach erfolgter Bildung der Mäander-Wege mit
30 dem Gewicht $g = 0$ und auf die Fig.42, in der die Fliesen-Anordnung 1800 nach erfolgter Bildung der Mäander-Wege mit dem Gewicht $g = \infty$ gezeigt sind.

Die beste Wahl des Gewichts hängt üblicherweise von den
35 Transporteigenschaften der jeweiligen Verbindungen ab, das heißt davon, wie viele Nachrichten pro Zeittakt über eine Verbindung versendet werden können. Je kleiner diese Zahl

ist, desto größer wird üblicherweise da beste Gewicht sein müssen.

5 Zuvor wurden zwei Verfahren zur Auswahl eines Routing-Baums beschrieben.

Wenn ein Routing-Baum ausgewählt wurde, das heißt wenn die entsprechenden Kanäle ausgewählt wurden, so kann ein optimales Routing für diesen Baum auf sehr einfache Weise
10 ermittelt werden. Die Grundlagen hierzu wurden im Rahmen der Beschreibung der graphentheoretischen Grundlagen erläutert.

In einem ersten Schritt werden alle Fliesen-Prozessoren, das heißt die Prozessoreinheiten innerhalb der Fliesen-Anordnung
15 1800, 2100, durchnummeriert.

Die Nummern werden anschließend beim Routing als Zieladressen verwendet. In einem zweiten Schritt werden die gesammelten lokalen Informationen von den jeweiligen Prozessoreinheiten dem Portalprozessor übermittelt. In dem Portalprozessor wird
20 anschließend die Gesamt-Routingtabelle erstellt.

Gemäß diesem Ausführungsbeispiel werden MessNumbering-Nachrichten zur Durchnummerierung aller Prozessoreinheiten in der Fliesen-Anordnung 1800, 2100 verwendet. Voraussetzung ist, dass der Durchsatz der jeweiligen Prozessoreinheiten bereits ermittelt wurde, beispielsweise gemäß dem oben beschriebenen Teil-Verfahren.

30 Das Teil-Verfahren der Nummerierung wird von dem Portalprozessor mittels Versendens von MessNumbering-Nachrichten 4301 über die Ausgangskanäle des Portalprozessors, welche den Einleit-Prozessoreinheiten übermittelt werden, gestartet.

35 Wenn für die entsprechenden Nachbarprozessoreinheiten Durchsätze d_1 , d_2 , d_3 , ... ermittelt wurden, so wird der

jeweilige MessNumbering-Nachricht 4302 der Parameter 1, $1 + d_1$, $1 + d_1 + d_2$, ... als Nachrichtenparameter mit übertragen.

- 5 Nach Empfang einer MessNumbering-Nachricht 4301 mit dem Parameter n über den jeweiligen Eingangskanal der Prozessoreinheit (vgl. Fig.43) werden von der die MessNumbering-Nachricht 4301 empfangenden Prozessoreinheit die folgenden Schritte durchgeführt:

10

1. Die eigene Nummer der Prozessoreinheit wird auf den Wert n , die dem Wert der empfangenen MessNumbering-Nachricht 4301 entspricht, gesetzt.

15

2. Über alle Ausgangskanäle der Prozessoreinheit wird je eine von der Prozessoreinheit erzeugte zusätzliche MessNumbering-Nachricht 4302 erzeugt und mit den Parametern $n + 1$, $n + d_1 + 1$, $n + d_1 + d_2 + 1$, ... versendet, wobei d_1 , d_2 , ... die Durchsätze der entsprechenden Nachbar-Prozessoreinheiten sind.

20

Das Teil-Verfahren terminiert, wenn der letzte Prozessor durch die letzte Prozessoreinheit durchnummeriert worden ist. Die Zahl der benötigten Zeittakte zur Durchführung des Teil-Verfahrens entspricht der maximalen Distanz einer Prozessoreinheit über Kanäle vom Portalprozessor. Bis zum „Ersterben“ der letzten Nachrichtenkommunikation können auch bei diesem Teil-Verfahren noch ein bis zwei Zeittakte mehr benötigt werden.

30

Die Fig.44 und Fig.45 zeigen die Fliesen-Anordnungen 1800 (Fig.44) und 2100 (Fig.45) nach erfolgter Nummerierung der einzelnen Prozessoreinheiten innerhalb der jeweiligen Fliesen-Anordnung.

35

Die Nummer einer Prozessoreinheit kann einfacherweise als Adresse zum Routing von Daten oder auch Bildern verwendet

werden, da jedem Ausgangskanal eine Prozessoreinheit ein eindeutiges Nummernintervall zugeordnet ist. Jede Prozessoreinheit kann somit eine einfache Routing-Tabelle anlegen.

5

Im Beispiel von Fig.45 lautet beispielsweise die Tabelle für die mit der Nummer 123 nummerierte Prozessoreinheit wie in der Routing-Tabelle 4600 in Fig.46 dargestellt ist.

10 Die lokal erzeugten Informationen werden dem Portalprozessor mittels MessCollectInfo-Nachrichten mitgeteilt, die die folgenden Nachrichtenparameter enthalten:

- Die Position der jeweiligen Prozessoreinheit innerhalb der jeweiligen Fliesen-Anordnung, das heißt die Zeile und die Spalte, in der sich die Prozessoreinheit befindet,
- die Fliesennummer,
- der Abstandswert, mit dem der Abstand der Prozessoreinheit von dem Portalprozessor angegeben wird,
- der Farbabstand, und
- der Durchsatz der Prozessoreinheit.

15

20

Die MessCollectInfo-Nachrichten werden von den Prozessoreinheiten jeweils gesendet, sobald die jeweilige Prozessoreinheit durchnummeriert worden ist.

Mit diesen Informationen kann der Fliesen-Prozessor die darzustellenden Informationen mit Hilfe der Fliesennummern routen.

30

Beim Versenden eines Gesamtbildes, das heißt beim Zuführen der Daten an alle Prozessoreinheiten, werden dabei die Nachrichten zuerst versendet, die den längsten Weg haben, wie oben im Rahmen der Beschreibung der graphentheoretischen Grundlagen erläutert.

35

Aus dieser Routing-Tabelle ergibt sich dann auch unmittelbar die Routing-Dauer, mit der die Routing-Bäume bewertet werden.

Mit Hilfe der Fliesennummern und den vorab beschriebenen Routing-Tabellen kann eine darzustellende Information beim weiteren Betrieb des Displays auf sehr einfache Weise versendet werden. Dazu verschickt der Portalprozessor Nachrichten vom Typ MessRGB die mit folgenden Parametern versehen sind:

- Die Nummer der Fliese, welches adressiert wird, und
- die Farbinformation für diese Fliese, beispielsweise Rot-Grün-Blau-Werte oder alternative lediglich ein Ansteuerungssignal zum Anschalten einer in der Fliese integrierten Leuchtdiode.

Fig.47 zeigt ein Beispiel für eine Informationsdarstellung auf der Fliesen-Anordnung. Selbstverständlich ist die Darstellung unabhängig vom gewählten Routing-Baum.

Zuvor wurde die Auswahl und das Bewerten von Routing-Matrizen beschrieben, das heißt im Wesentlichen von Routing-Wegen. Das Bewertungskriterium ist dabei die Routing-Dauer gewesen. Da eine wirkliche kombinatorische Optimierung aufgrund der Komplexität üblicherweise nicht in kurzer Zeit durchführbar ist, wurde oben eine Alternative vorgestellt.

Der frei wählbare Parameter ist das Gewicht g . Zur (Teil)-Optimierung der Routing-Dauer kann dieser Prozess vom Portalprozessor auch mehrfach mit unterschiedlichem Gewicht g durchgeführt werden.

Üblicherweise wird man die Gewichte $g = 0, 1, 2, 3, \dots$ betrachten und untersuchen.

Diese haben sich bei numerischen Betrachtungen als vorteilhaft erwiesen. Dasjenige Routing, welches die kürzeste

Routing-Dauer besitzt, kann anschließend endgültig verwendet werden.

Um den Prozess mehrfach durchführen zu können, verwendet der Portalprozessor die Nachricht MessRetry, die alle Kanäle, Farbregionen und Farbabstände löscht, wie in Fig.48 dargestellt ist. Zur Terminierung des Prozesses wird die MessRetry-Nachricht mit dem Parameter „stamp“ versehen, dessen Wert nicht identisch ist mit dem entsprechenden gespeicherten Parameter der Prozessoreinheit. Anders ausgedrückt verwendet der Portalprozessor bei jedem erneuten Zurücksetzen einen anderen Parameter „stamp“.

Bei Empfang einer eingehenden MessRetry-Nachricht 4801 mit dem Parameter „stamp“ werden von der jeweiligen MessRetry-Nachricht 4801 empfangenen Prozessoreinheit die folgenden Schritte durchgeführt:

1. Falls der eigene Stempelparameter identisch zu dem in der MessRetry-Nachricht enthaltenem Stempelparameter „stamp“ ist, wird die Verarbeitung beendet.

2. Der eigene Stempelparameter wird auf den Wert des in der MessRetry-Nachricht enthaltenen Stempelparameterwerts „stamp“ gesetzt.

3. Alle Nummerierungen, Kanäle, Farbregionen, Farbabstände und Token-Blockierungen werden gelöscht.

4. Über alle Verbindungen mit Ausnahme der Verbindung zu der die MessRetry-Nachricht sendenden Prozessoreinheit werden zusätzliche MessRetry-Nachrichten 4802 übertragen, wie in Fig.48 dargestellt ist.

Während des Betriebs der Fliesen-Anordnung können durch Abnutzung Fehler auftreten, die zum Zeitpunkt der oben beschriebenen Selbstorganisation noch nicht vorhanden waren.

Zur Selbsterkennung dieser Fehler können weitere Nachrichten verwendet werden.

5 Nach den oben dargestellten Modellannahmen kann aus Sicht
eines lokalen Prozessors ein Fehler nur darin bestehen, dass
ein bislang verbundener Nachbar-Prozessor nicht mehr
erreichbar ist. Er kann hingegen nicht beurteilen, ob nur die
Verbindung zu diesem Nachbar-Prozessor oder ob der
Nachbarprozessor selber ausgefallen ist. Bei einem solchen
10 Vorkommnis kann aber eine Fehlernachricht, im Weiteren als
MessError-Nachricht bezeichnet, an den Portalprozessor
senden, die ihn selbst identifiziert, vorzugsweise unter
Verwendung der eigenen Fliesennummer als Nachrichtenparameter
und die zusätzlich die Nummer der neu ausgefallenen
15 Verbindung enthält.

Eine mögliche Reaktion des Portalprozessors auf eine solche
Nachricht ist ein globaler Reset der Fliesen-Anordnung mit
Hilfe einer MessReset-Nachricht.

20 Als Reaktion auf diese Nachricht leitet jeder Fliesen-
Prozessor diese Nachricht an alle Nachbar-Prozessoren weiter
und löscht alle Daten, die bei der Organisation ermittelt
wurden. Zur Terminierung dieses Prozesses sollte jeder
Fliesen-Prozessor eine gewisse Totzeit einhalten, vor deren
Ende er nicht auf weitere Nachrichten reagiert. Die Totzeit
verhindert, dass die Verbreitung der MessReset-Nachricht
unendlich oft wiederholt wird.

30 Zusammenfassend ist in Fig.49 eine Übersicht über die
verwendeten Nachrichten, deren jeweiligen Parameter
aufgeführt.

Es ist in diesem Zusammenhang anzumerken, dass der
35 Nachrichtenkatalog selbstverständlich funktional um beliebige
zusätzliche Nachrichten erweiterbar ist.

Die technische Ausstattung einer erfindungsgemäßen Fliese 101, ist bei den Sensorelementen und Anzeigeelementen in zahlreichen Einzelvarianten ausführbar.

- 5 Elementarer Bestandteil einer Fliese ist jedoch die jeweilige
Prozessoreinheit, die mit Stromleitungen und Datenleitungen
an die Prozessoreinheiten von unmittelbar benachbarten
Fliesen gekoppelt wird. Bei Verlegung eines Fliesenbodens
oder einer Fliesenwand entsteht dadurch ein reguläres
10 Netzwerk, wie es oben erläutert wurde.

- Am Rand des Netzwerks, d.h. am Rand der Fliesen-Anordnung 100
ist zudem, wie oben dargelegt, der Portalprozessor
vorgesehen. Der Portalprozessor ist die zentrale
15 Steuerkomponente der Haustechnik bzw. Messtechnik. Über den
Portalprozessor können Informationen in das System, d.h. in
die Fliesen-Anordnung 100 geschickt werden, wie in Fig.4
dargestellt. Es kann aber auch Sensorinformation aus dem
System zu dem Portalprozessor 401 herausgeführt werden.

- 20 Die Installation der Fliesen-Anordnung 100 erfolgt gemäß
folgenden Einzelschritten:

- zunächst werden die Kacheln bzw. Fliesen wie üblich
verlegt, mit der Abweichung gegenüber dem üblichen
Vorgehen, dass zunächst die Fliesen-Verbindungsstücke
eingelassen werden und anschließend die Fliesen über die
Fliesen-Verbindungsstücke miteinander gekoppelt werden;
- ferner wird der Portalprozessor an eine oder mehrere
Fliesen, welche sich vorzugsweise am Rand des verlegten
30 Bereichs, d.h. am Rand der Fliesen-Anordnung 100
befinden, angeschlossen;
- schließlich erfolgt auf oben beschriebene Weise die
automatische Selbstorganisation des Netzwerkes der
Fliesen-Anordnung 100 ohne manuelle Eingriffe des
35 Nutzers.

Auf diese Weise können Installationen ohne technisches Spezialwissen und ohne Planung von Leitungsverläufen oder Programmierung von ebenen Positionen durchgeführt werden.

- 5 Somit sind die Kosten erheblich unter denen einer Speziallösung und daher eignet sich die erfindungsgemäße Anordnung für den Einsatz im Massenmarkt.

- 10 Ferner entsteht ein sehr fehlertolerantes System, das selbst bei mutwilligen Beschädigungen (bei Alarmanlagen) oder in einem Katastrophenfall (beispielsweise zur Einsatzfähigkeit als Leitsystem oder Detektor von Bewusstlosen auch bei progressiver Zerstörung, beispielsweise durch Feuer) sehr gut einsetzbar sind.

In diesem Dokument ist folgende Veröffentlichung zitiert:

- 5 [1] T.F. Sturm, S. Jung, G. Stromberg, A. Stöhr, A Novel Fault Tolerant Architecture for Self-Organizing Display and Sensor Arrays, International Symposium Digest of Technical Papers, Volume XXXIII, Nr. II, Society for Information Display, Boston, Massachusetts, 22. bis 23. Mai 2002, Seiten 1316 bis 1319, 2002

Bezugszeichenliste

- 100 Fliesen-Anordnung
- 101 Fliese
- 301 Anzeigeelement
- 302 Anzeigeelement
- 401 Portalprozessor
- 402 Fliesen-Prozessor
- 403 Anschluss
- 404 Elektrische Leitung
- 501 Bidirektionale Kommunikationsschnittstellen
- 502 Elektrische Leitung
- 600 Erste Ausrichtung
- 601 Zweite Ausrichtung
- 603 Dritte Ausrichtung
- 604 Vierte Ausrichtung
- 605 Fünfte Ausrichtung
- 606 Sechste Ausrichtung
- 700 Gerichteter Graph
- 701 Ungerichteter Graph
- 800 Gerichteter Baum
- 900 Ungerichteter Graph
- 901 Gerichteter Pixel-Anordnungs-Graph
- 902 Portal-Knoten
- 903 Knoten
- 904 Zuleitung
- 905 Kante
- 1000 Zulässiger Baum
- 1001 Portal-Knoten

1100 Baum

1201 Nachricht

1202 Portal-Knoten

1203 Einleit-Pixelprozessoren

1204 Erste innere Knoten

1401 Erster Pixelprozessor

1402 Zweiter Pixelprozessor

1403 Bidirektionale Kommunikationsschnittstelle erster
Pixelprozessor

1404 Bidirektionale Kommunikationsschnittstelle zweiter
Pixelprozessor

1405 Zuleitung

1406 Erste Nachricht

1407 Zweite Nachricht

1500 Prozesseereinheit

1501 MessKoherenz-Nachricht

1601 MessKoherenz-Nachricht

1602 MessKoherenz-Nachricht

1603 MessKoherenz-Nachricht

1604 MessKoherenz-Nachricht

1605 MessKoherenz-Nachricht

1606 MessKoherenz-Nachricht

1701 MessPosition-Nachricht

1702 MessPosition-Nachricht

1703 MessPosition-Nachricht

1704 MessPosition-Nachricht

1705 MessPosition-Nachricht

1706 MessPosition-Nachricht

1800 Prozessor-Anordnung

1801 Pixelprozessor

1901 MessDistance-Nachricht
1902 MessDistance-Nachricht
1903 MessDistance-Nachricht
1904 MessDistance-Nachricht
1905 MessDistance-Nachricht
1906 MessDistance-Nachricht

2001 Prozessoreinheit
2002 Unterste Zeile Prozessor-Anordnung
2003 Südwest-Seite Prozessoreinheit

2100 Prozessor-Anordnung
2101 Unterste Zeile Prozessor-Anordnung
2102 Prozessoreinheiten, welche nicht mit dem Portalprozessor
gekoppelt sind
2103 Prozessoreinheiten, welche mit dem Portalprozessor
gekoppelt sind

2201 MessOrganize-Nachricht
2202 MessOrganize-Nachricht
2203 MessOrganize-Nachricht
2204 MessOrganize-Nachricht
2205 MessOrganize-Nachricht
2206 MessOrganize-Nachricht

2600 Horizontalriss

2700 Horizontalriss

2801 Eingehende MessCountNodes-Nachricht
2802 Gesendete MessCountNodes-Nachricht

2901 Erste eingehende MessNodesSize-Nachricht
2902 Zweite eingehende MessNodesSize-Nachricht
2903 Gesendete MessNodesSize-Nachricht

3201 MessColDistance-Nachricht
3202 MessColDistance-Nachricht
3203 MessColDistance-Nachricht
3204 MessColDistance-Nachricht
3205 MessColDistance-Nachricht
3206 MessColDistance-Nachricht

3301 Empfangene MessBlockToken-Nachricht
3302 Gesendete MessBlockToken-Nachricht

3401 Eingehende MessToken-Nachricht
3402 Gesendete MessBlockToken-Nachricht
3403 Gesendete MessBlockToken-Nachricht
3404 Gesendete MessBlockToken-Nachricht
3405 Gesendete MessBlockToken-Nachricht
3406 Gesendete MessBlockToken-Nachricht

3601 Eingehende MessDeleteChannels-Nachricht
3602 Gesendete MessDeleteChannels-Nachricht
3603 Gesendete MessDeleteChannels-Nachricht
3604 Gesendete MessDeleteChannels-Nachricht
3605 Gesendete MessDeleteChannels-Nachricht
3606 Gesendete MessDeleteChannels-Nachricht

3701 Eingehende MessColOrganize-Nachricht
3702 Gesendete MessColOrganize-Nachricht
3703 Gesendete MessColOrganize-Nachricht
3704 Gesendete MessColOrganize-Nachricht
3705 Gesendete MessColOrganize-Nachricht
3706 Gesendete MessColOrganize-Nachricht

3801 Mäander-Weg

3901 Mäander-Weg

4301 Eingehende MessNumbering-Nachricht
4302 Gesendete MessNumbering-Nachricht

4600 Routing-Tabelle

4801 Eingehende MessRetry-Nachricht

4802 Gesendete MessRetry-Nachricht

4900 Pixel-Anordnung

4901 Prozessoreinheit

4902 Pixel

4903 Pixelblock

5001 Sensor

5002 Prozessor

5003 Steckverbinder

5004 Steckverbinder

5005 Steckverbinder

5006 Steckverbinder

5007 Masseanschluss

5008 Masseanschluss

5009 Masseanschluss

5010 Masseanschluss

5011 Datenübertragungs-Anschluss

5012 Datenübertragungs-Anschluss

5013 Datenübertragungs-Anschluss

5014 Datenübertragungs-Anschluss

5015 Stromversorgungsanschluss

5016 Stromversorgungsanschluss

5017 Stromversorgungsanschluss

5018 Stromversorgungsanschluss

5019 Elektrische Leitung

5020 Elektrische Leitung

5021 Elektrische Leitung

5022 Elektrische Leitung

5023 Erste Steuerleitung

5024 Zweite Steuerleitung

5201 Hohlraum

- 5201 Seitenwand
- 5203 Ausnehmung
- 5210 Fliesen-Verbindungsstück
- 5211 Masseanschluss Fliesen-Verbindungsstück
- 5212 Datenanschluss Fliesen-Verbindungsstück
- 5213 Stromversorgungsanschluss Fliesen-Verbindungsstück
- 5214 Einrast-Vorsprung
- 5215 Einrast-Vorsprung

Patentansprüche

1. Flächen-Verkleidungsmodul

- mit mindestens einem Stromversorgungsanschluss,
- 5 • mit mindestens einer Datenübertragungs-Schnittstelle,
- mit mindestens einer Prozessoreinheit, welche mit dem Stromversorgungsanschluss und mit der Datenübertragungs-Schnittstelle gekoppelt ist.

10 2. Flächen-Verkleidungsmodul gemäß Anspruch 1, mit einem Steckverbinder, in den der Stromversorgungsanschluss und die Datenübertragungs-Schnittstelle integriert sind.

15 3. Flächen-Verkleidungsmodul gemäß Anspruch 1 oder 2, mit mindestens einer Stromleitung und mindestens einer Datenleitung, wobei mittels der Stromleitung die Prozessoreinheit mit dem Stromversorgungsanschluss und mittels der Datenleitung mit der Datenübertragungs-Schnittstelle gekoppelt ist.

4. Flächen-Verkleidungsmodul gemäß einem der Ansprüche 1 bis 3, eingerichtet als eines der folgenden Module:

- Wand-Verkleidungsmodul, oder
- Fußboden-Verkleidungsmodul, oder
- Decken-Verkleidungsmodul.

30 5. Flächen-Verkleidungsmodul gemäß einem der Ansprüche 1 bis 3, eingerichtet als

- Fliese, oder
- Kachel, oder
- Parkettelement, oder
- 35 • Laminelement.

6. Flächen-Verkleidungsmodul gemäß einem der Ansprüche 1 bis 5, mit mindestens einem Sensor, der mit der Prozessoreinheit gekoppelt ist.

5

7. Flächen-Verkleidungsmodul gemäß einem der Ansprüche 1 bis 6, mit mindestens einem der folgenden Elemente, welches mit der Prozessoreinheit gekoppelt ist:

- 10 • Bildgebendes Element, oder
- Schallwellen-Erzeugungselement, oder
- Vibrations-Erzeugungselement

15

8. Flächen-Verkleidungsmodul gemäß einem der Ansprüche 1 bis 7,

20

- bei dem die Prozessoreinheit derart eingerichtet ist, dass zum Ermitteln eines jeweiligen Abstands einer Prozessoreinheit von einer Referenzposition elektronische Nachrichten ausgetauscht werden zwischen der Prozessoreinheit und einer Prozessoreinheit eines benachbarten und mit dem Flächen-Verkleidungsmodul gekoppelten Flächen-Verkleidungsmodul,
- wobei jede Nachricht eine Abstandsinformation enthält, welche den Abstand des Flächen-Verkleidungsmoduls einer die Nachricht sendenden Prozessoreinheit oder den Abstand des Flächen-Verkleidungsmoduls einer die Nachricht empfangenden Prozessoreinheit von der Referenzposition angibt, und
- wobei die Prozessoreinheit derart eingerichtet ist, dass aus der Abstandsinformation einer empfangenen Nachricht der eigene Abstand zu der Referenzposition ermittelbar ist oder speicherbar ist.

30

35

9. Flächen-Verkleidungsmodul-Anordnung mit einer Mehrzahl von Flächen-Verkleidungsmodulen gemäß einem der Ansprüche 1 bis 8, welche mittels des Stromversorgungsanschlusses und der Datenübertragungs-Schnittstelle miteinander gekoppelt sind.

10. Verfahren zum Bestimmen eines Abstands von Flächen-Verkleidungsmodulen der Flächen-Verkleidungsmodul-Anordnung gemäß Anspruch 9 zu mindestens einer Referenzposition unter Austausch von elektronischen Nachrichten zwischen Prozessoreinheiten einander benachbarter Flächen-Verkleidungsmodulen,

- bei dem eine erste Nachricht von einer Prozessoreinheit eines ersten Flächen-Verkleidungsmoduls erzeugt wird, wobei die erste Nachricht eine erste Abstandsinformation enthält, welche den Abstand des ersten Flächen-Verkleidungsmoduls oder den Abstand eines die erste Nachricht empfangenden zweiten Flächen-Verkleidungsmoduls von der Referenzposition enthält,
- bei dem die erste Nachricht von der Prozessoreinheit des ersten Flächen-Verkleidungsmoduls zu der Prozessoreinheit des zweiten Flächen-Verkleidungsmoduls gesendet wird,
- bei dem abhängig von der Abstandsinformation der Abstand der Prozessoreinheit des zweiten Flächen-Verkleidungsmoduls von der Referenzposition ermittelt oder gespeichert wird, und
- bei dem von der Prozessoreinheit des zweiten Flächen-Verkleidungsmoduls eine zweite Nachricht erzeugt wird, welche eine zweite Abstandsinformation enthält, welche den Abstand des zweiten Flächen-Verkleidungsmoduls oder den Abstand eines die zweite Nachricht empfangenden dritten Flächen-Verkleidungsmoduls von der Referenzposition enthält,
- bei dem die zweite Nachricht von der Prozessoreinheit des zweiten Flächen-Verkleidungsmoduls zu der Prozessoreinheit des dritten Flächen-Verkleidungsmoduls gesendet wird,
- bei dem abhängig von der zweiten Abstandsinformation der Abstand des dritten Flächen-Verkleidungsmoduls von der Referenzposition ermittelt oder gespeichert wird,

- bei dem die Verfahrensschritte für alle Flächen-Verkleidungsmodule in der Flächen-Verkleidungsmodul-Anordnung durchgeführt werden.

- 5 11. Verfahren gemäß Anspruch 10,
bei dem vor Bestimmen des Abstandes der Flächen-
Verkleidungsmodule von der Referenzposition die örtlichen
Positionen der Flächen-Verkleidungsmodule innerhalb der
Flächen-Verkleidungsmodul-Anordnung ermittelt werden, indem
10 ausgehend von einem Flächen-Verkleidungsmodul an einer
Einleitstelle der Flächen-Verkleidungsmodul-Anordnung jeweils
Positionsermittlungs-Nachrichten, welche zumindest einen
Zeilenparameter z und einen Spaltenparameter s aufweisen,
welche die Zeilennummer bzw. Spaltennummer der die Nachricht
15 sendenden Prozessoreinheit oder die Zeilennummer bzw.
Spaltennummer der die Nachricht empfangenden Prozessoreinheit
innerhalb der Flächen-Verkleidungsmodul-Anordnung enthält, an
Prozessoreinheiten benachbarter Flächen-Verkleidungsmodule
übermittelt werden und von der jeweiligen Prozessoreinheit
20 die folgenden Schritte durchgeführt werden:
- falls der Zeilenparameter in der empfangenen Nachricht
größer ist als die bisher gespeicherte Zeilennummer der
Prozessoreinheit, so wird der eigenen Zeilennummer der
Prozessoreinheit der Zeilenparameterwert z der
empfangenen Nachricht zugeordnet,
 - falls der Spaltenparameter in der empfangenen Nachricht
größer ist als die eigene Spaltennummer der
Prozessoreinheit, so wird der gespeicherten
Spaltennummer der Zeilenparameterwert der empfangenen
30 Nachricht zugeordnet,
 - falls die eigene Zeilennummer und/oder die eigene
Spaltennummer aufgrund der oben dargestellten
Verfahrensschritte verändert worden sind, so werden neue
Positionsmess-Nachrichten mit neuen Zeilenparametern und
neuen Spaltenparametern erzeugt, welche jeweils die
35 Zeilennummer und Spaltennummer der die Nachricht
sendenden Prozessoreinheit oder die Zeilennummer und

Spaltennummer der die Nachricht empfangenden Prozessoreinheit enthält, und diese werden an eine Prozessoreinheit eines jeweiligen Nachbar-Flächen-Verkleidungsmoduls übertragen.

5

12. Verfahren gemäß Anspruch 10 oder 11,

- bei dem in einem iterativen Verfahren der eigene Abstandswert der Prozessoreinheit des Flächen-Verkleidungsmoduls dann verändert wird, wenn der bisher gespeicherte Abstandswert größer ist als der um einen vorgegebenen Wert erhöhte empfangene Abstandswert in der jeweils empfangenen Nachricht, und
- bei dem für den Fall, dass eine Prozessoreinheit eines Flächen-Verkleidungsmoduls den eigenen Abstandswert verändert, diese eine Abstandsmess-Nachricht erzeugt und an Prozessoreinheiten benachbarter Flächen-Verkleidungsmodule sendet, wobei die Abstandsmess-Nachricht jeweils den eigenen Abstand als Abstandsinformation enthält oder den Abstandswert, den die empfangende Prozessoreinheit von dem Portalprozessor aufweist,

10

15

20

13. Verfahren gemäß Anspruch 12,

bei dem der Abstandswert einen um einen vorgegebenen Wert erhöhten Wert gegenüber dem eigenen Abstandswert aufweist.

FIG 1

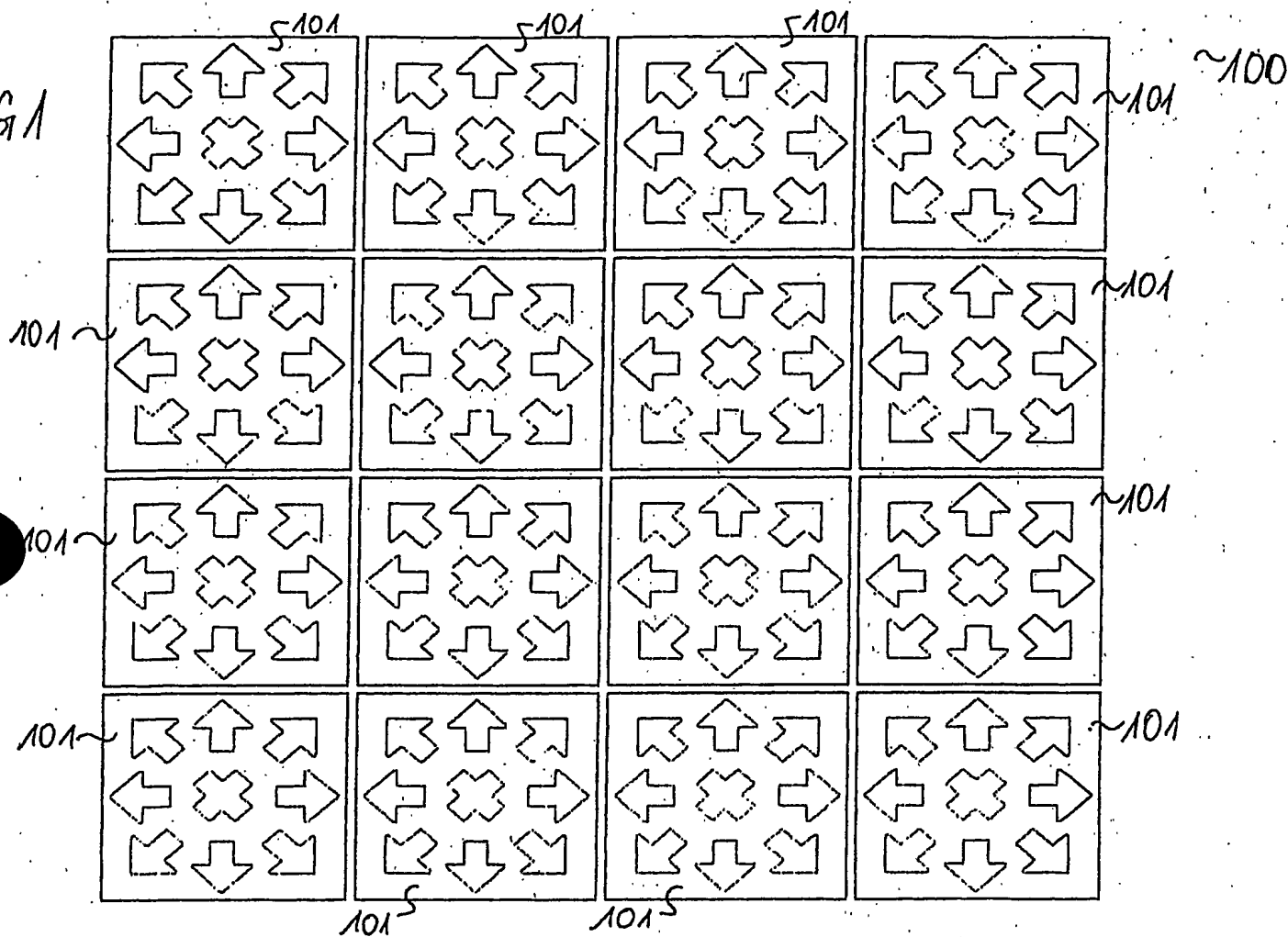


FIG 2A

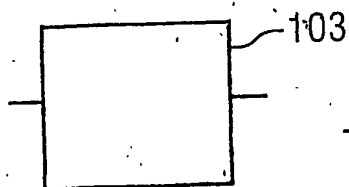


FIG 2B

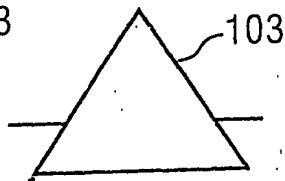


FIG 2C

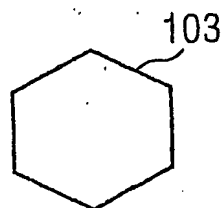


FIG 3

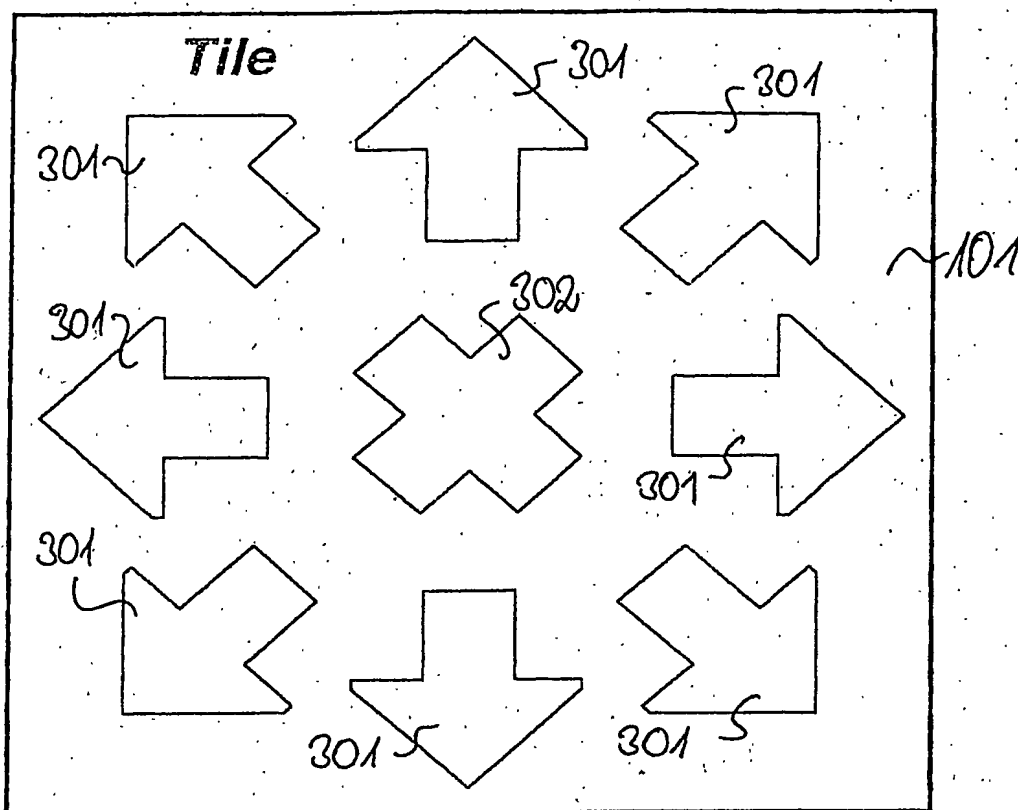
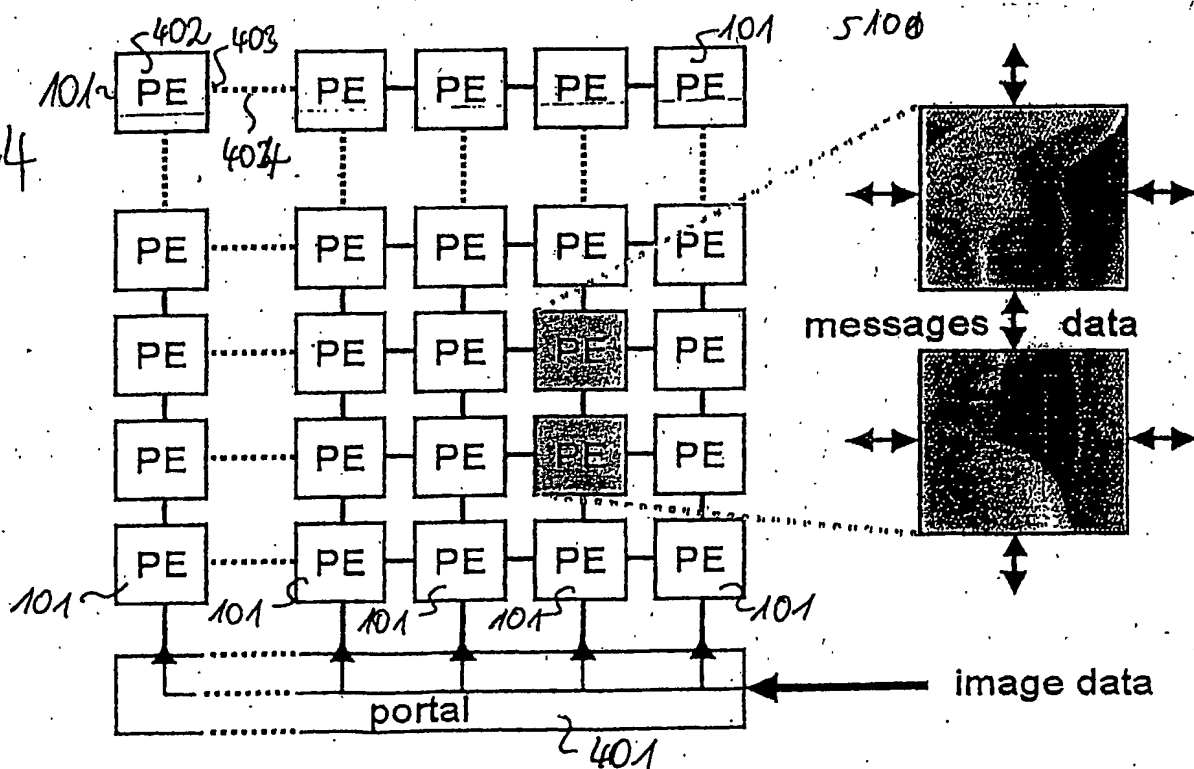


FIG 4



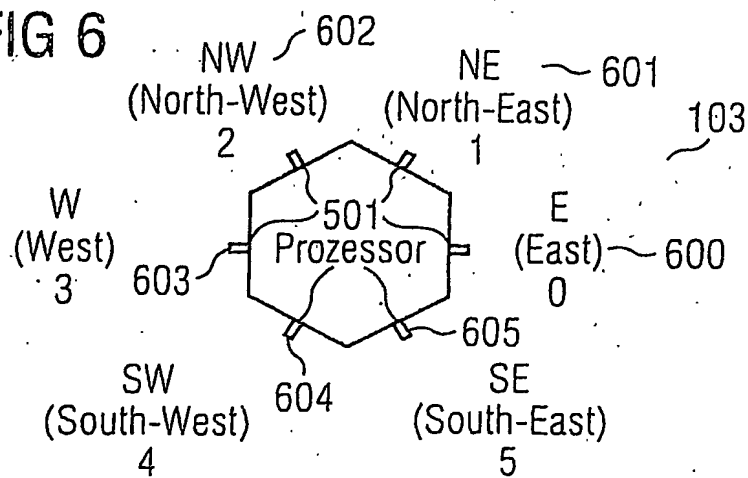
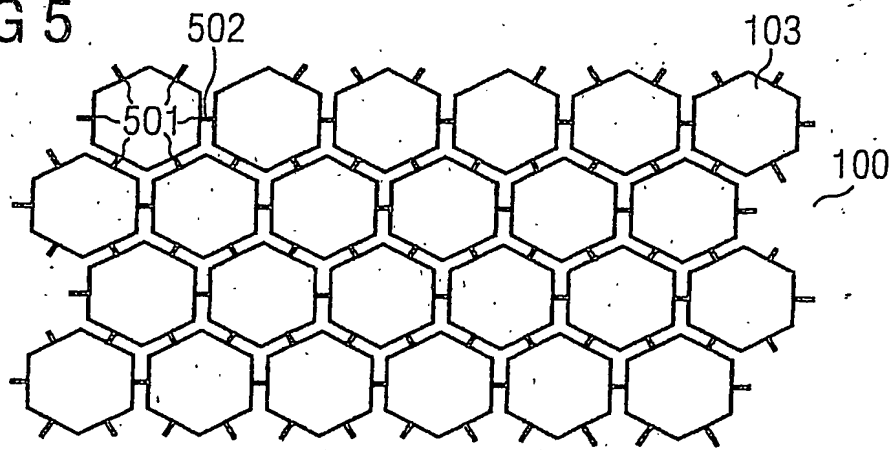


FIG 7A

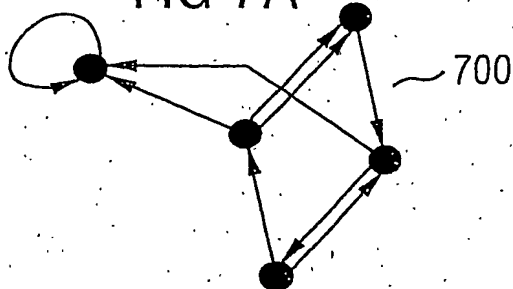


FIG 7B

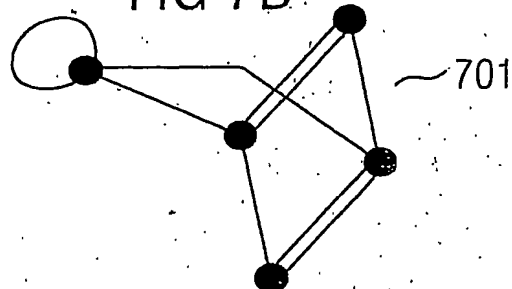


FIG 8

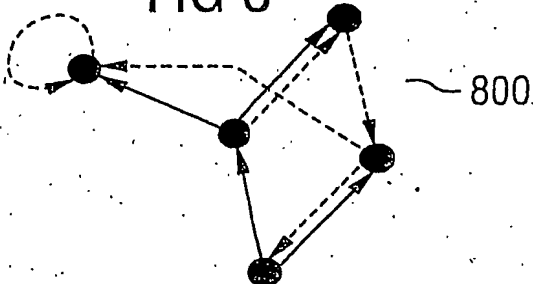


FIG 9A

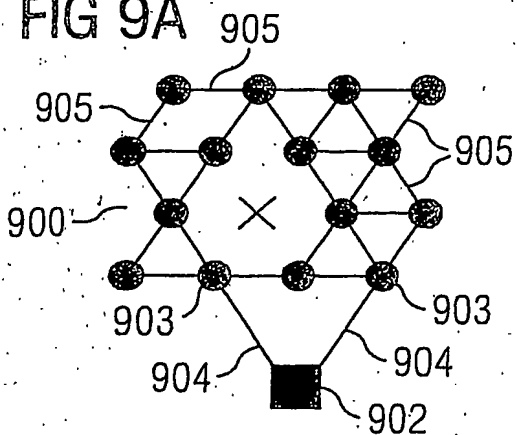


FIG 9B

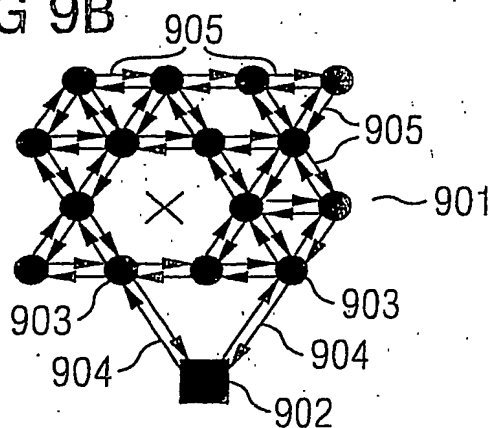


FIG 10

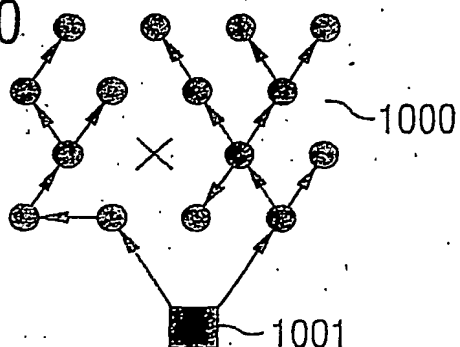
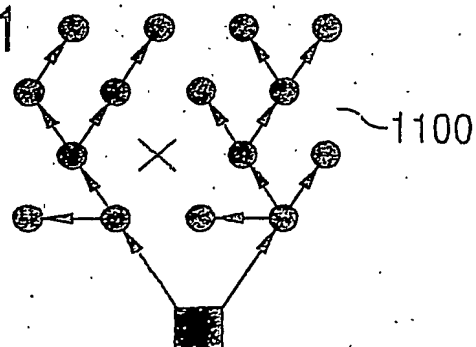


FIG 11



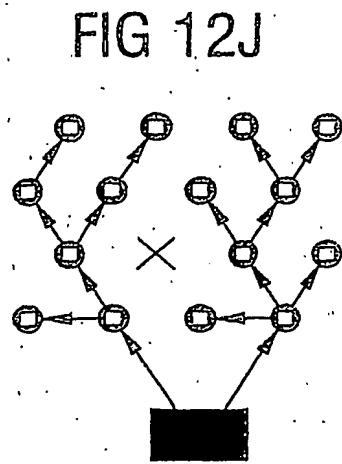
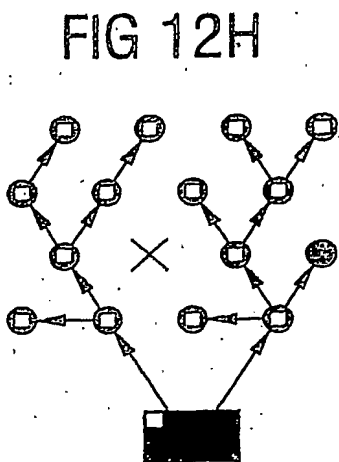
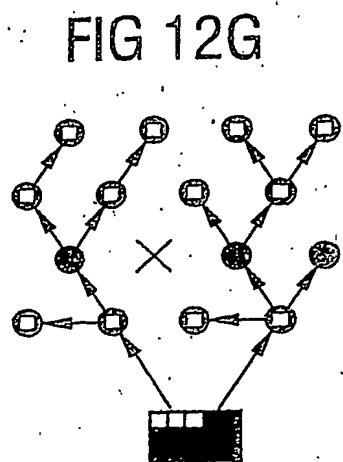
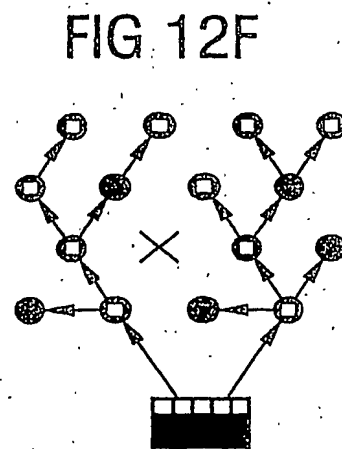
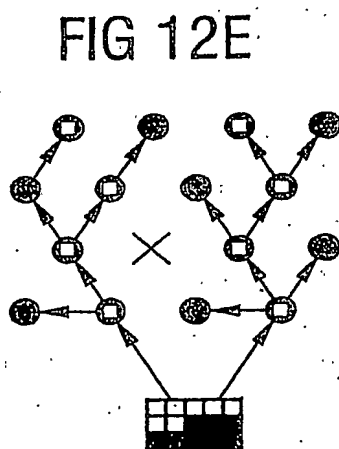
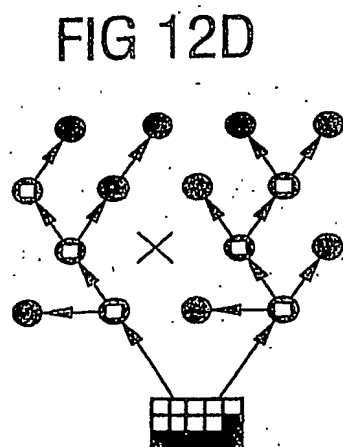
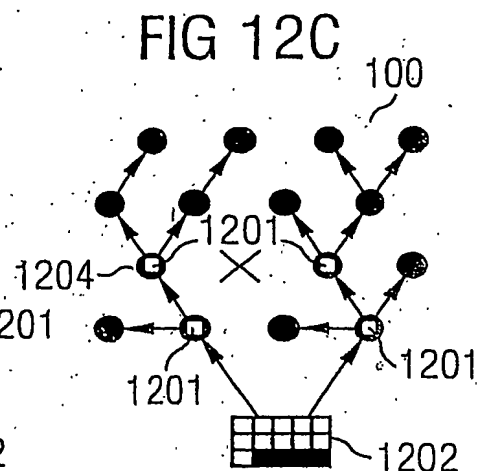
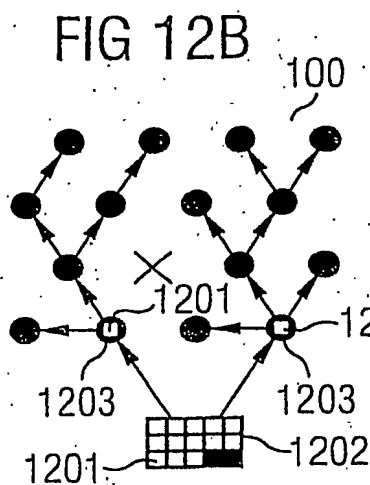
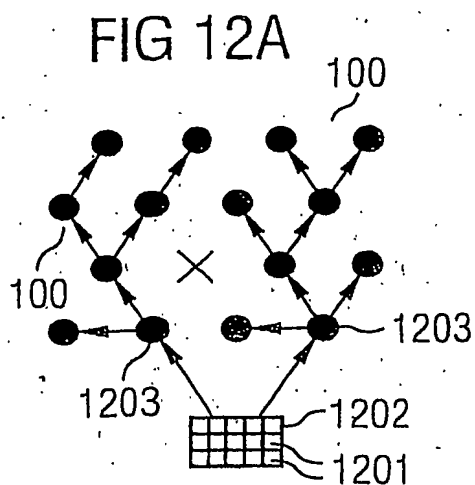


FIG 13A

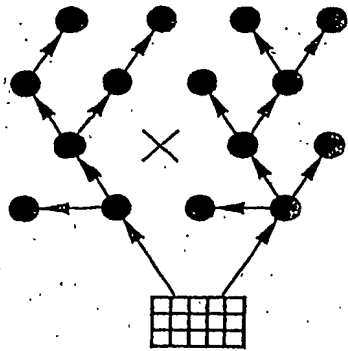


FIG 13B

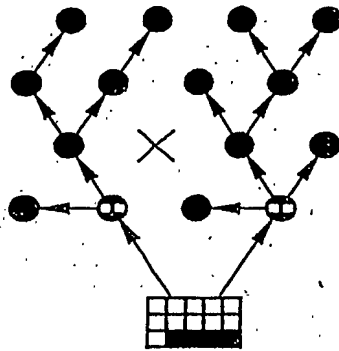


FIG 13C

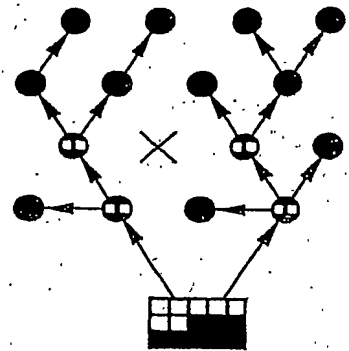


FIG 13D

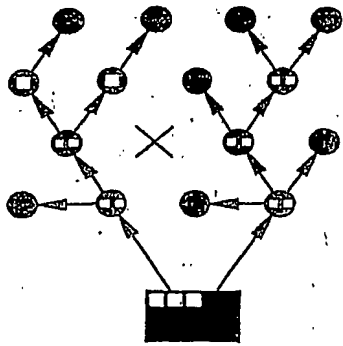


FIG 13E

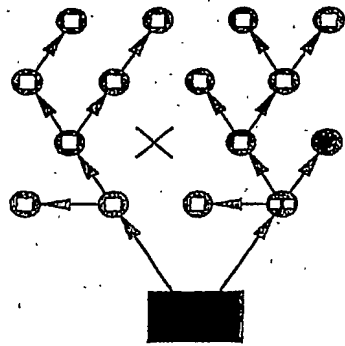


FIG 13F

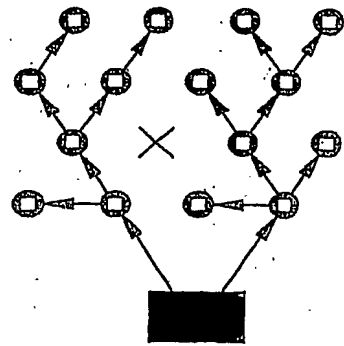


FIG 14

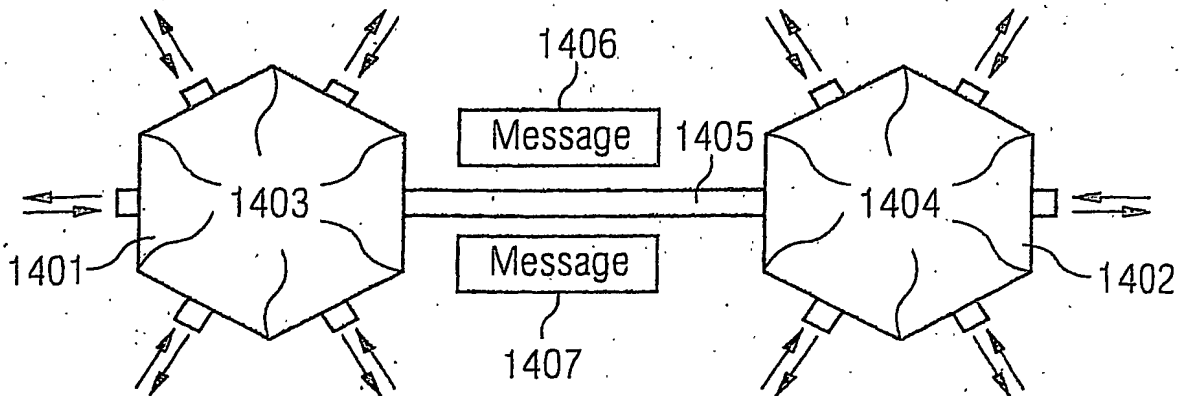


FIG 15

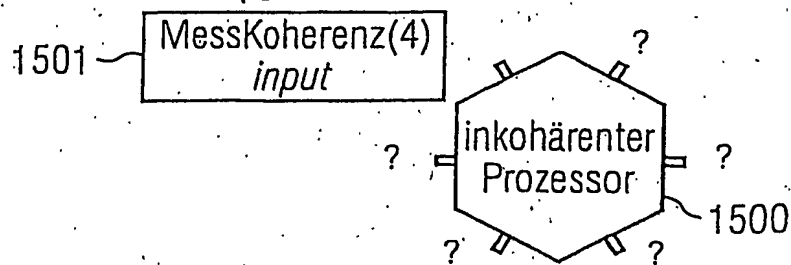


FIG 16

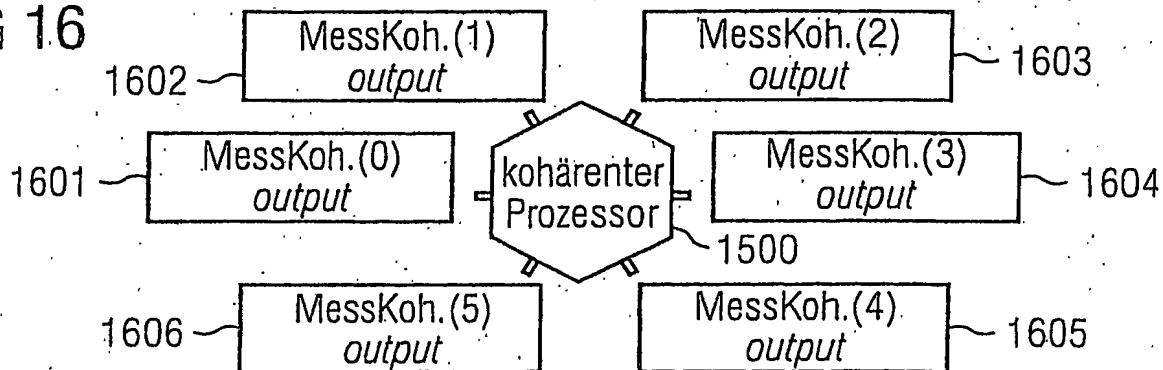


FIG 17

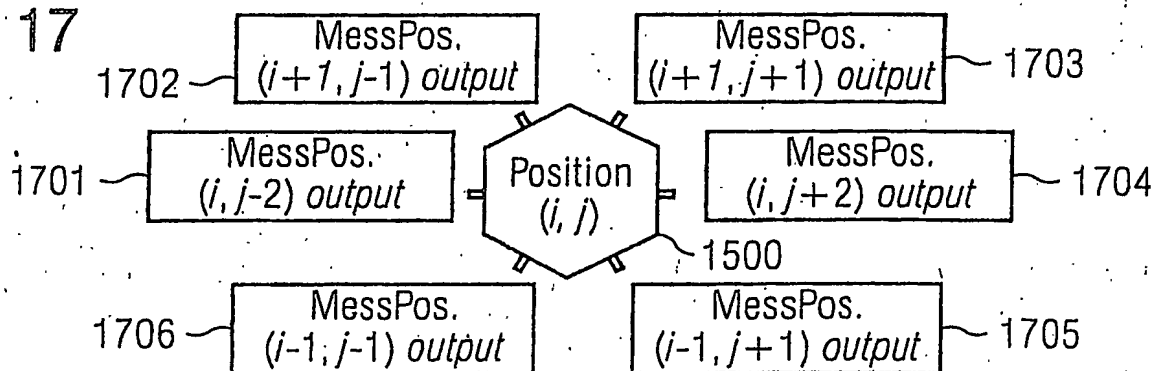


FIG 19

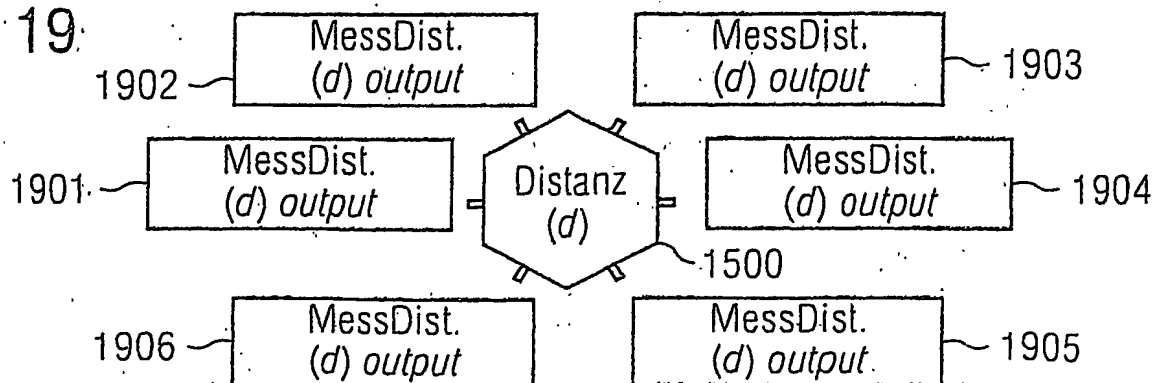
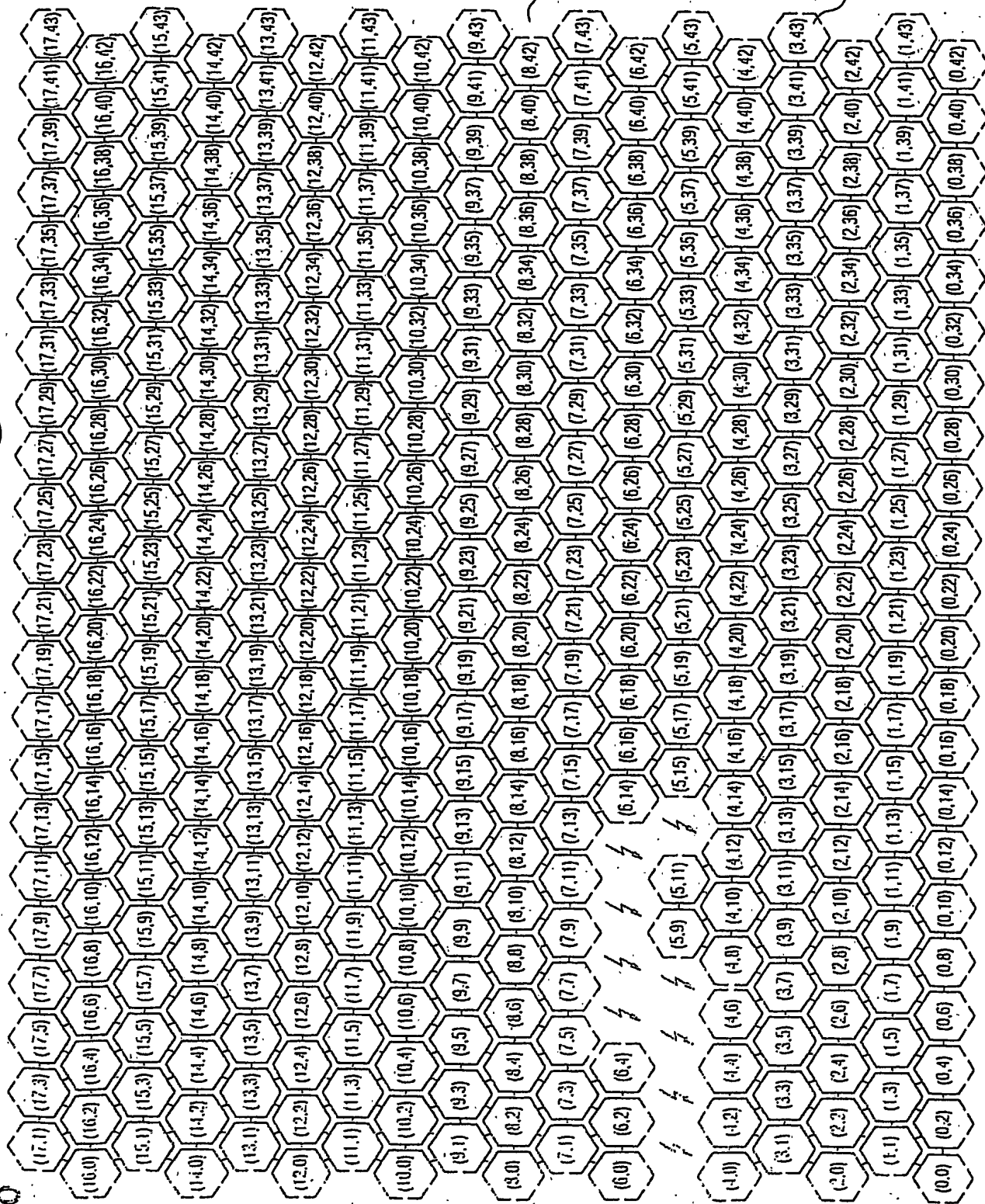


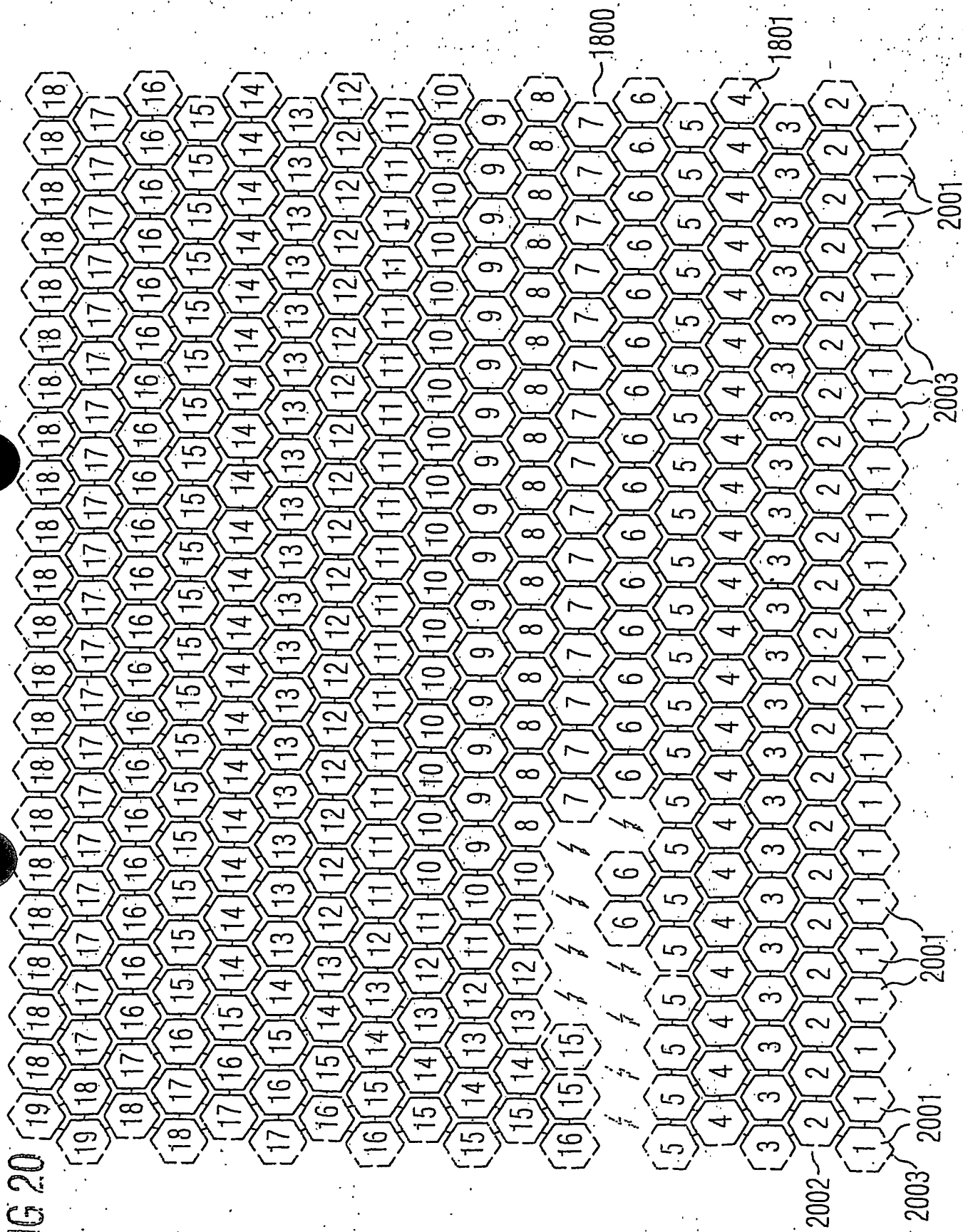
FIG 18



8150

114

FIG 20



15

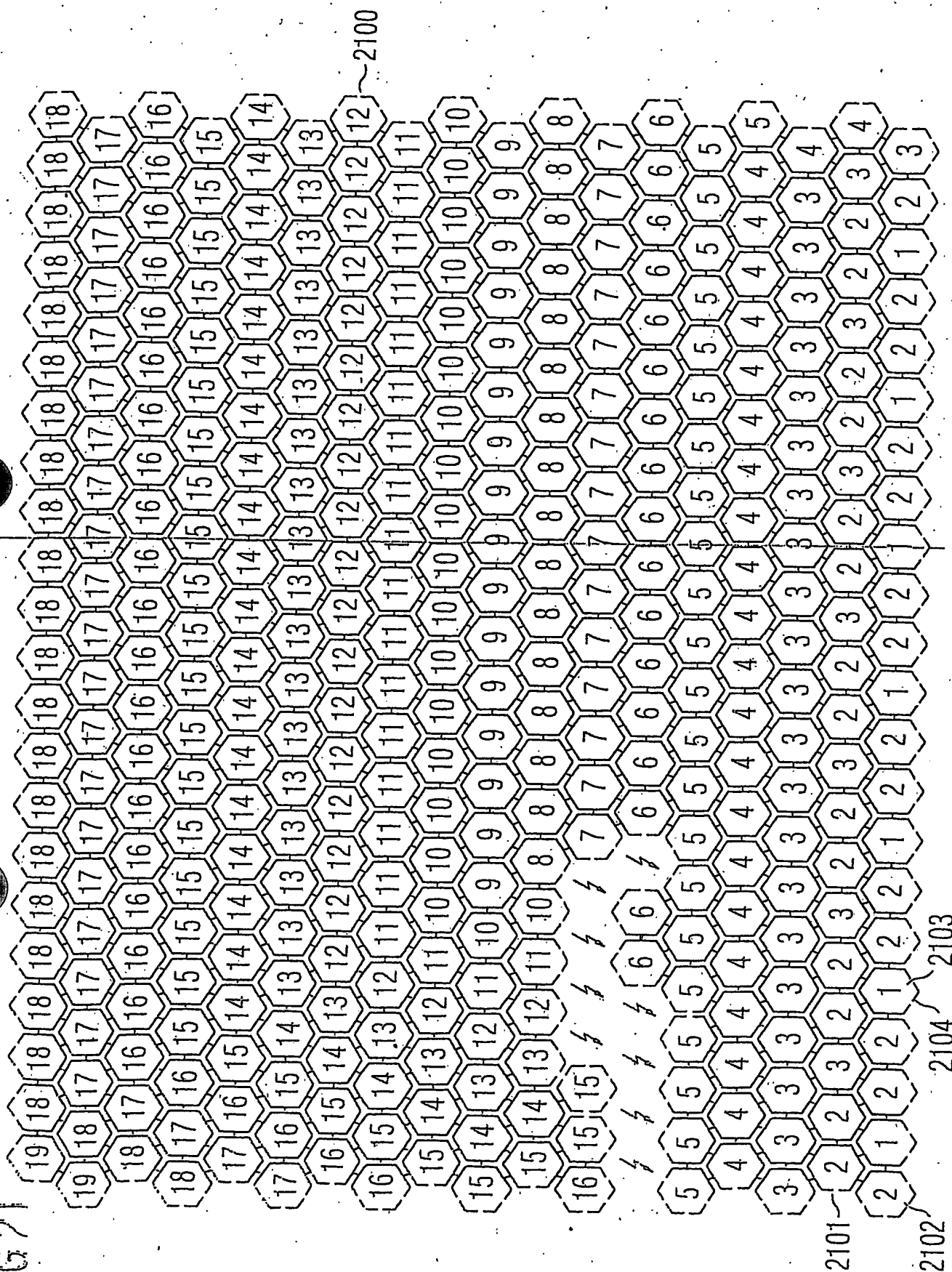


FIG 22

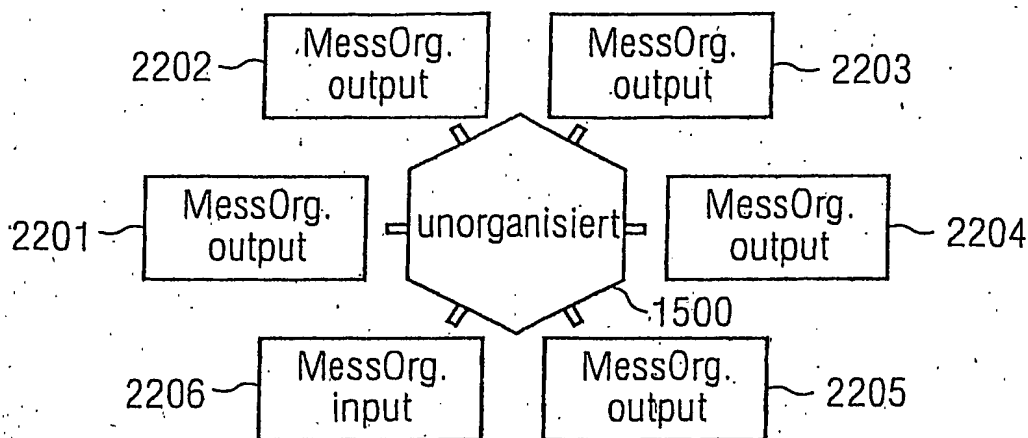


FIG 23

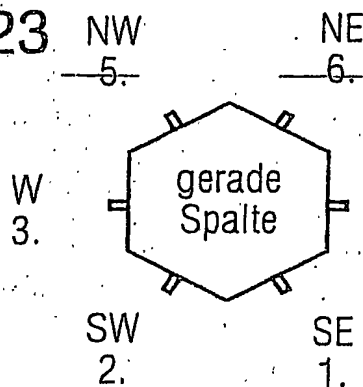


FIG 24

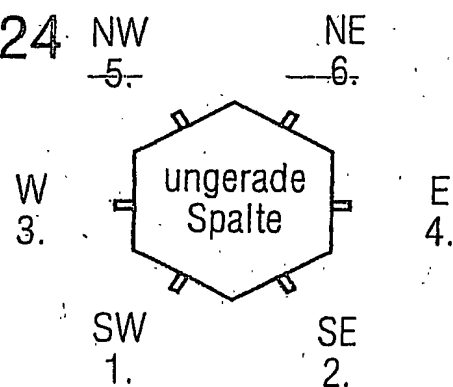


FIG 25

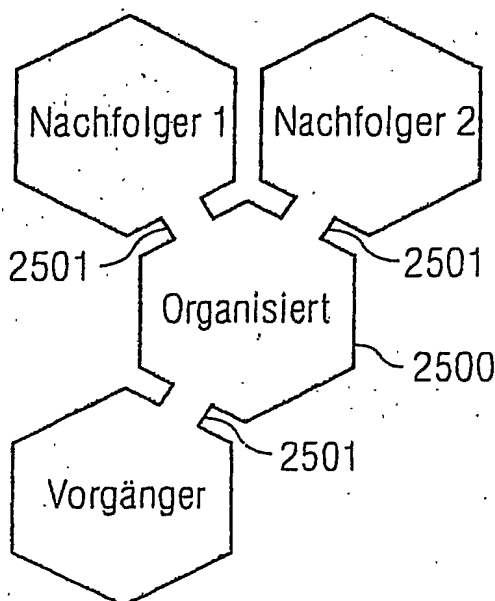


FIG 26

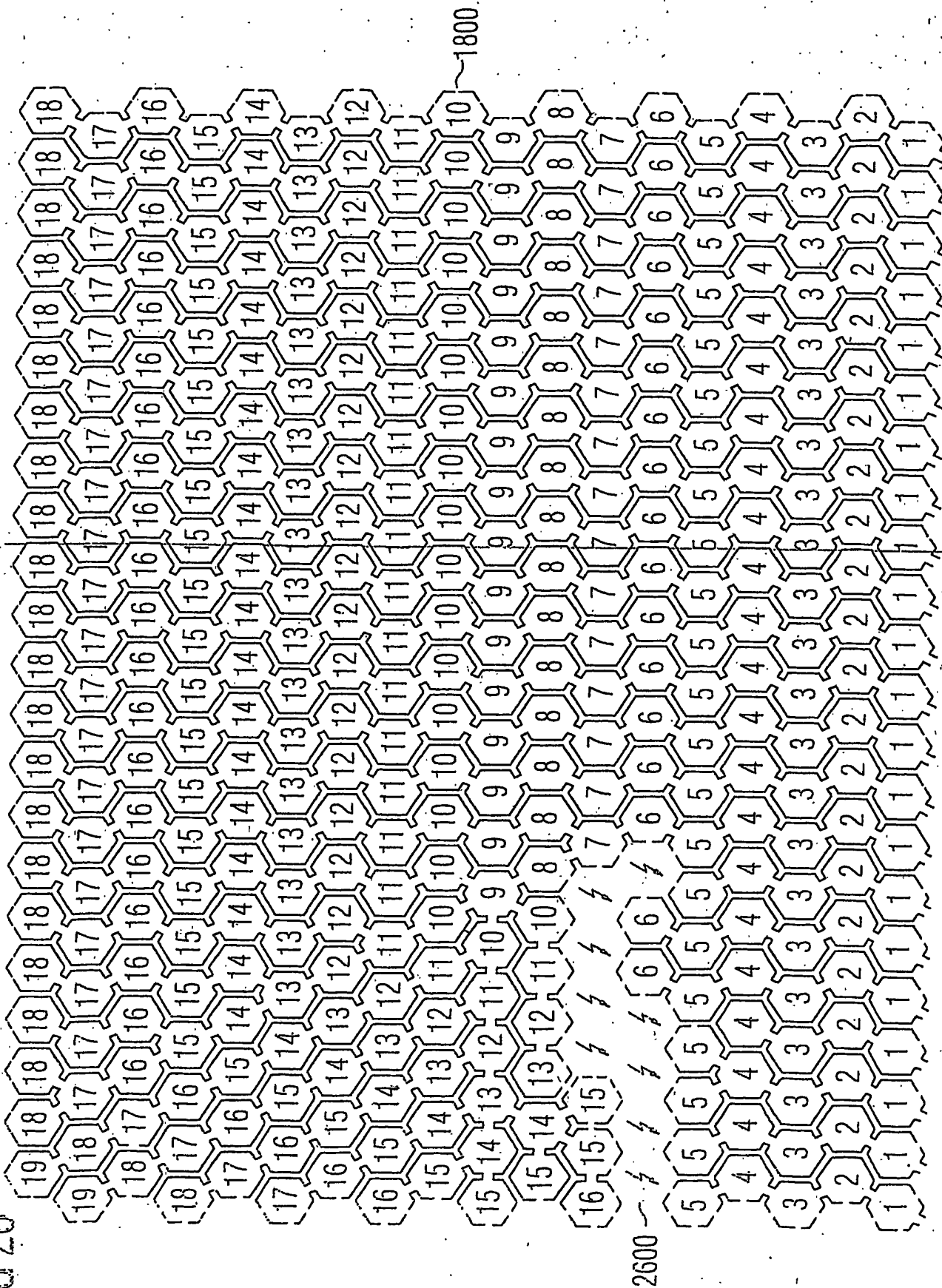


FIG 27

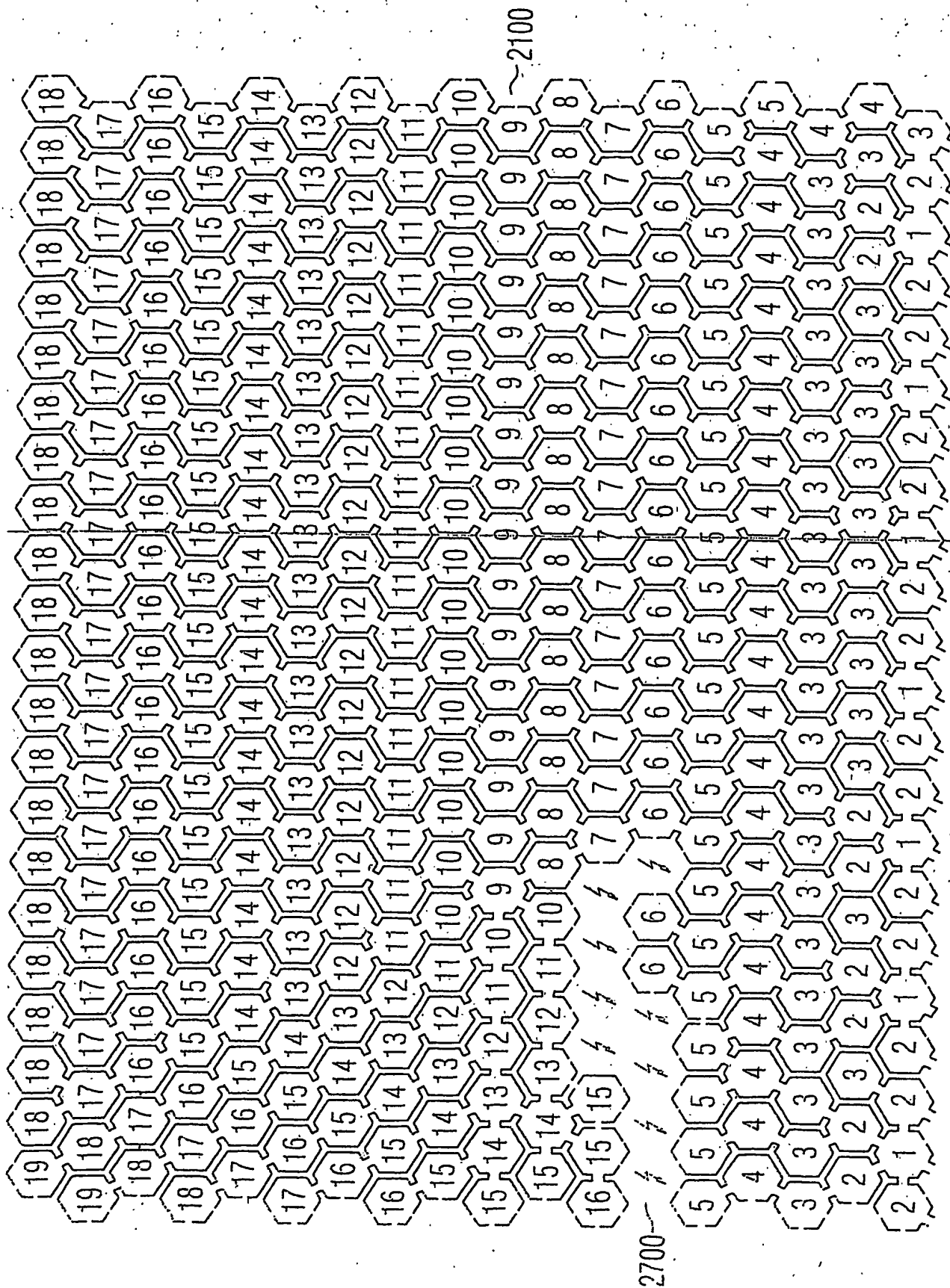


FIG 28

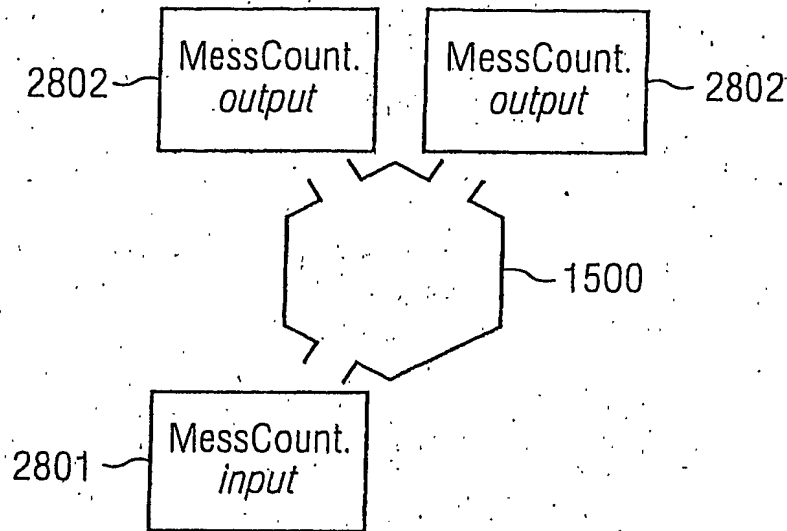
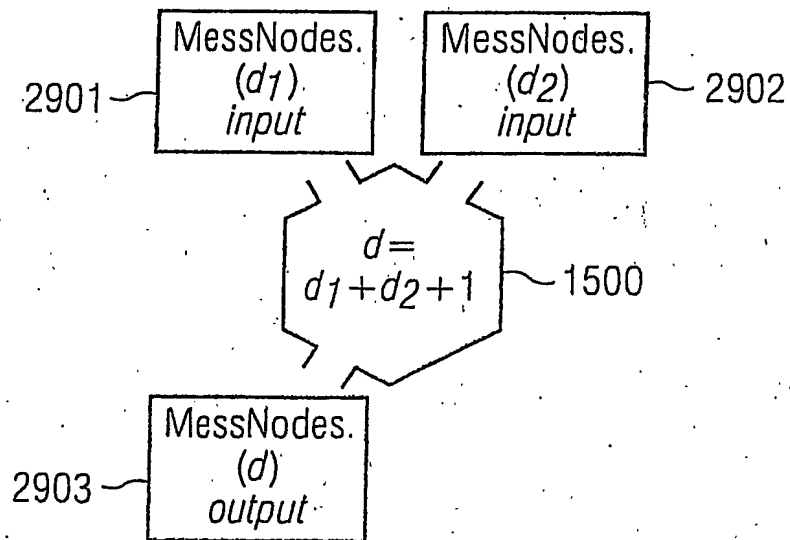


FIG 29



A large grid of hexagonal tiles arranged in a honeycomb pattern. Each tile contains a number from 1 to 18. The numbers are distributed across the grid, with some tiles containing multiple numbers or symbols like lightning bolts. The grid is oriented horizontally.

15730

1800

2600-

FIG 31

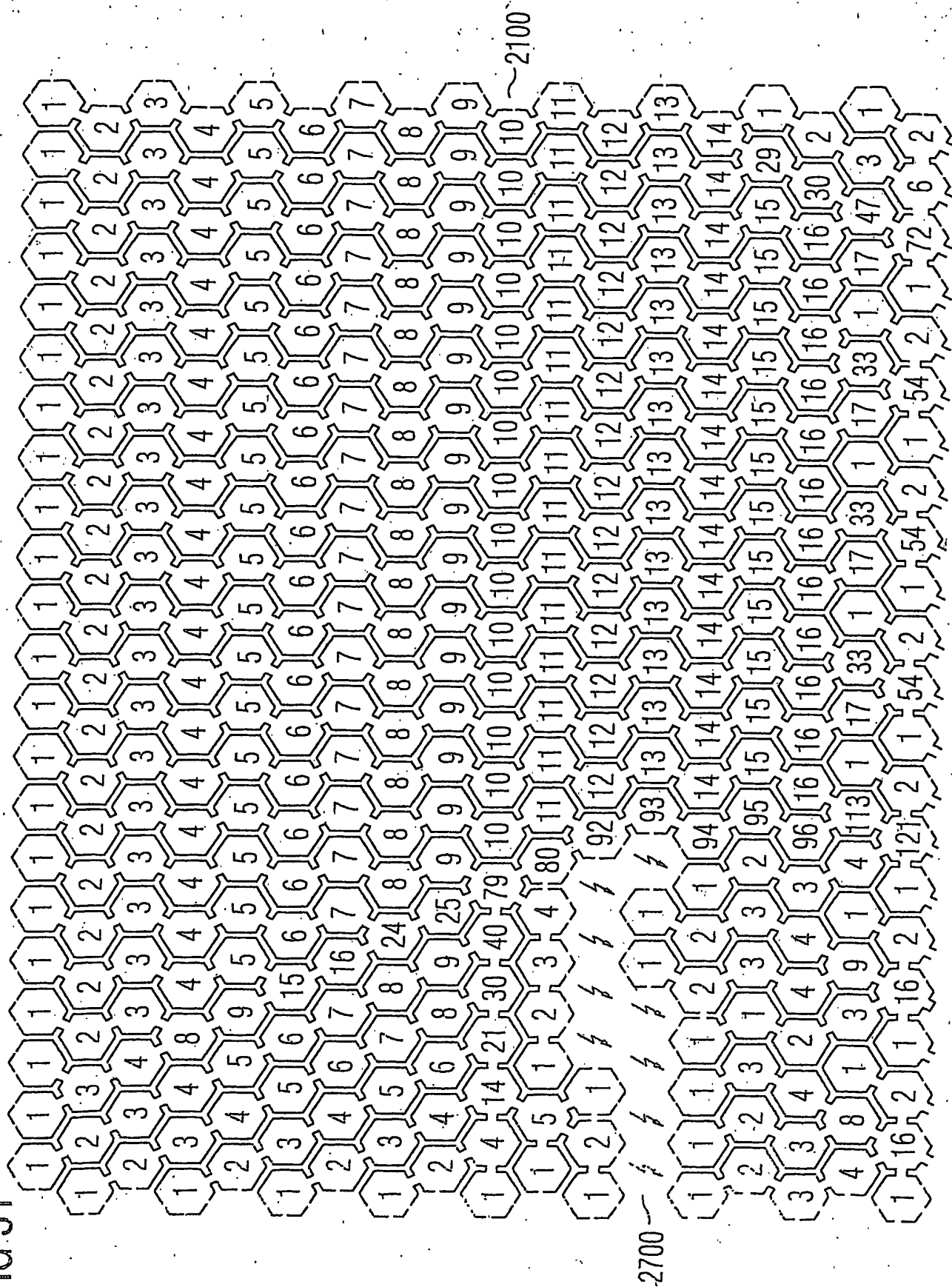


FIG 32

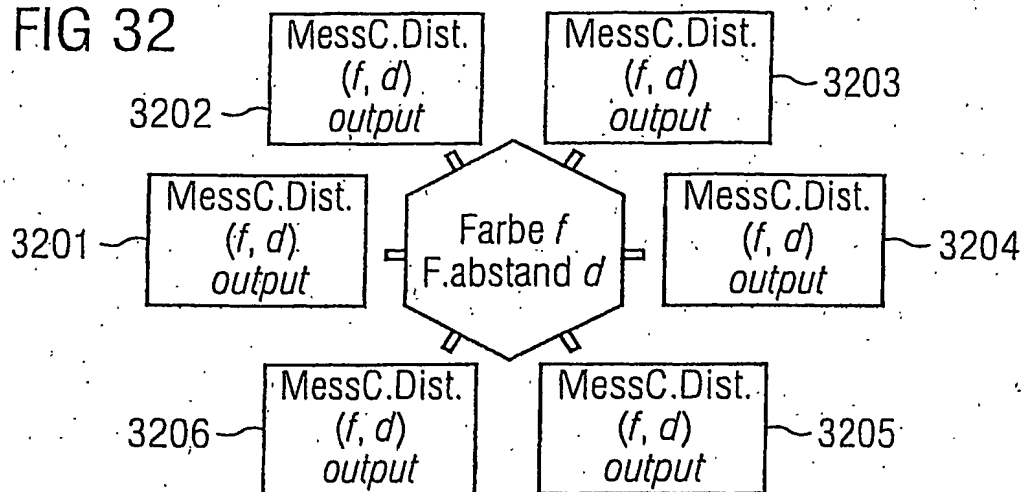


FIG 33

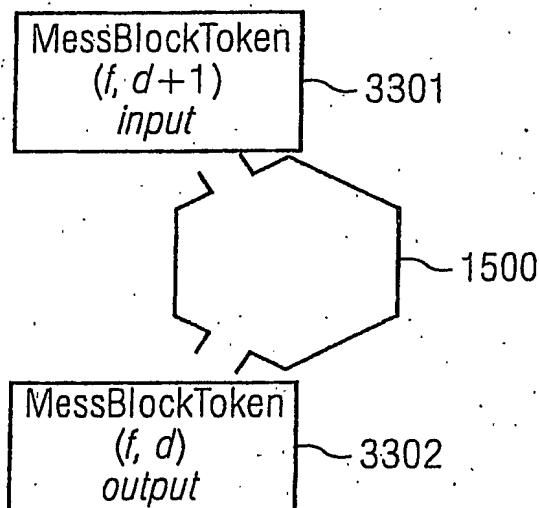


FIG 34

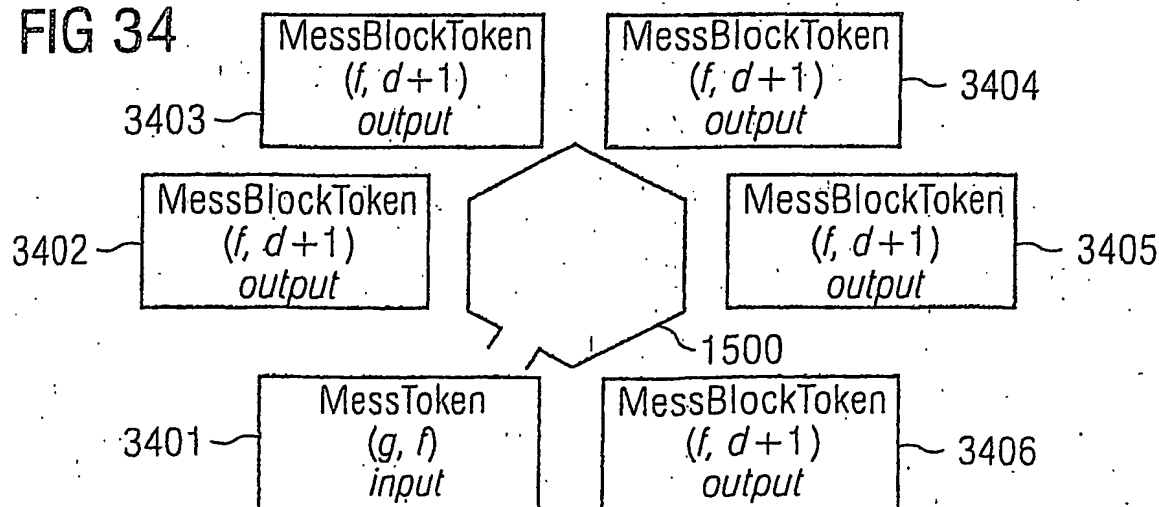


FIG 35

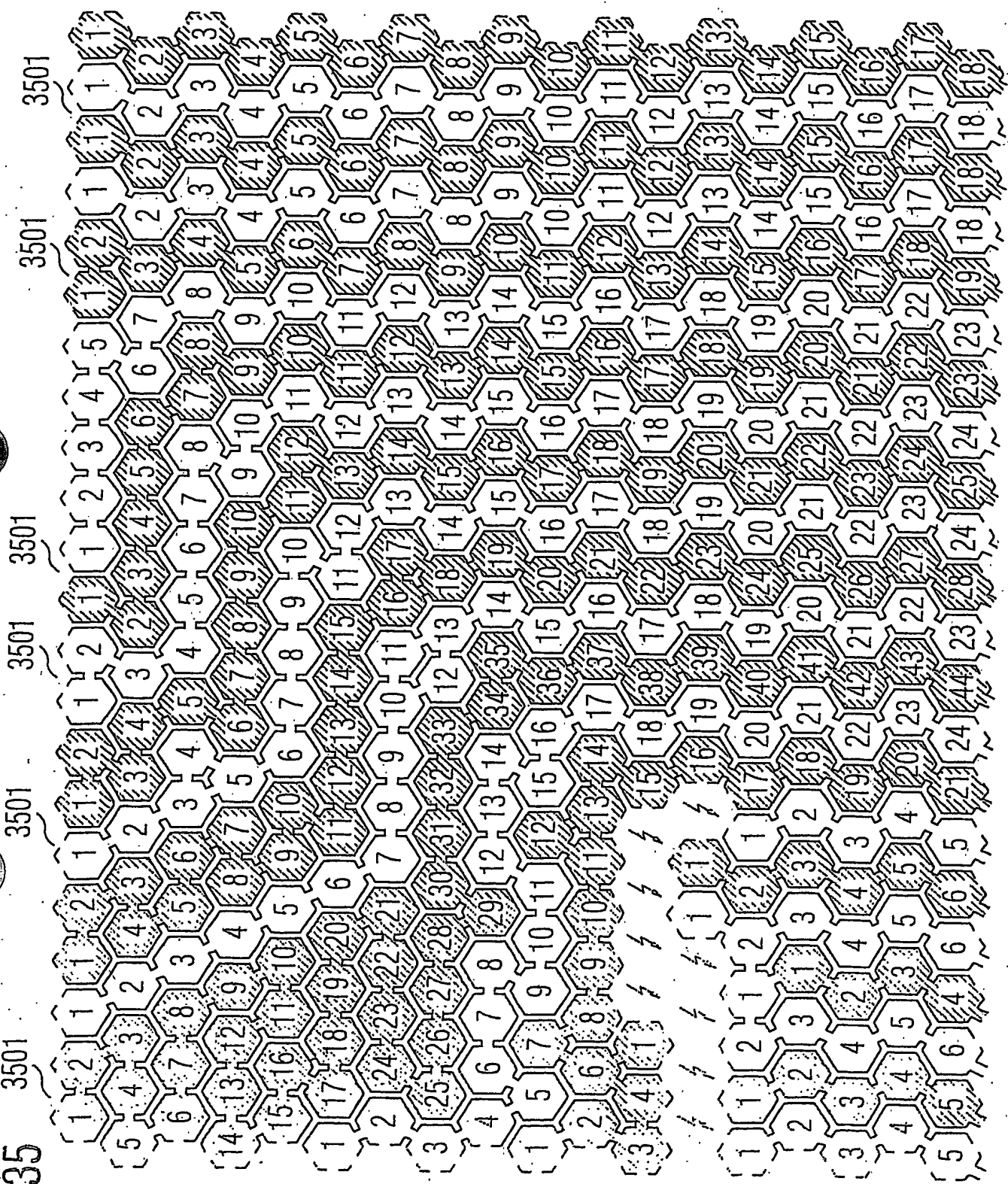


FIG 36

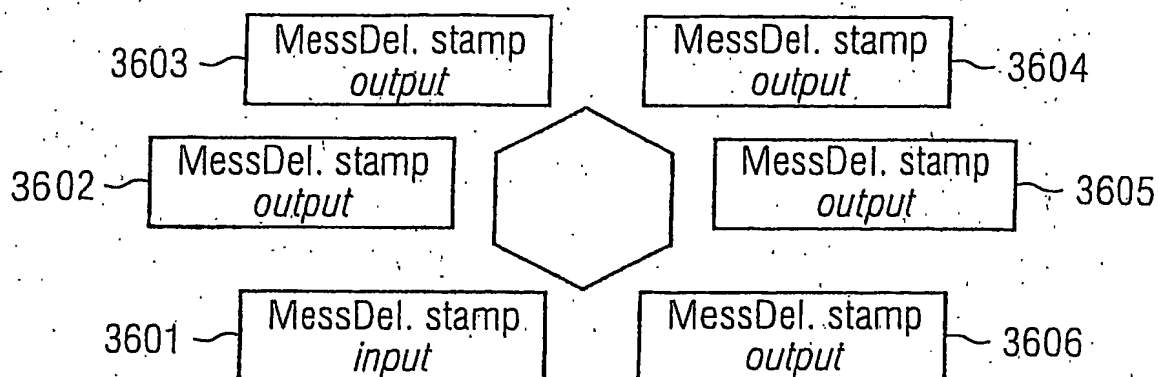


FIG 37

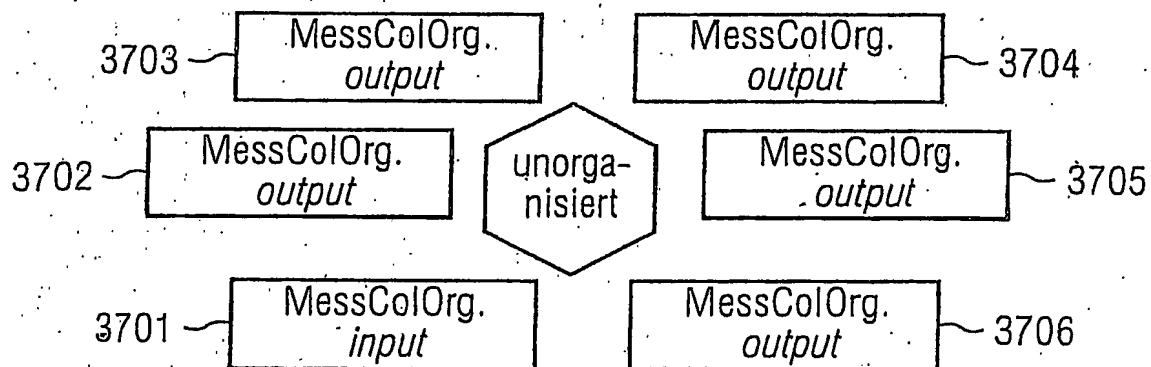
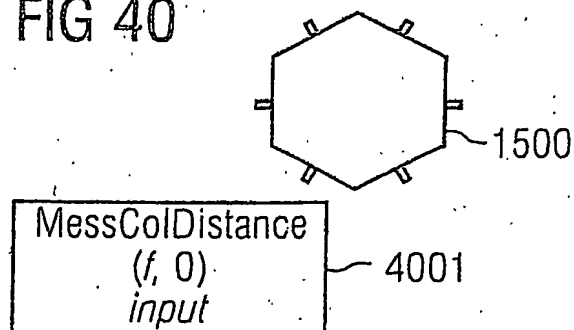
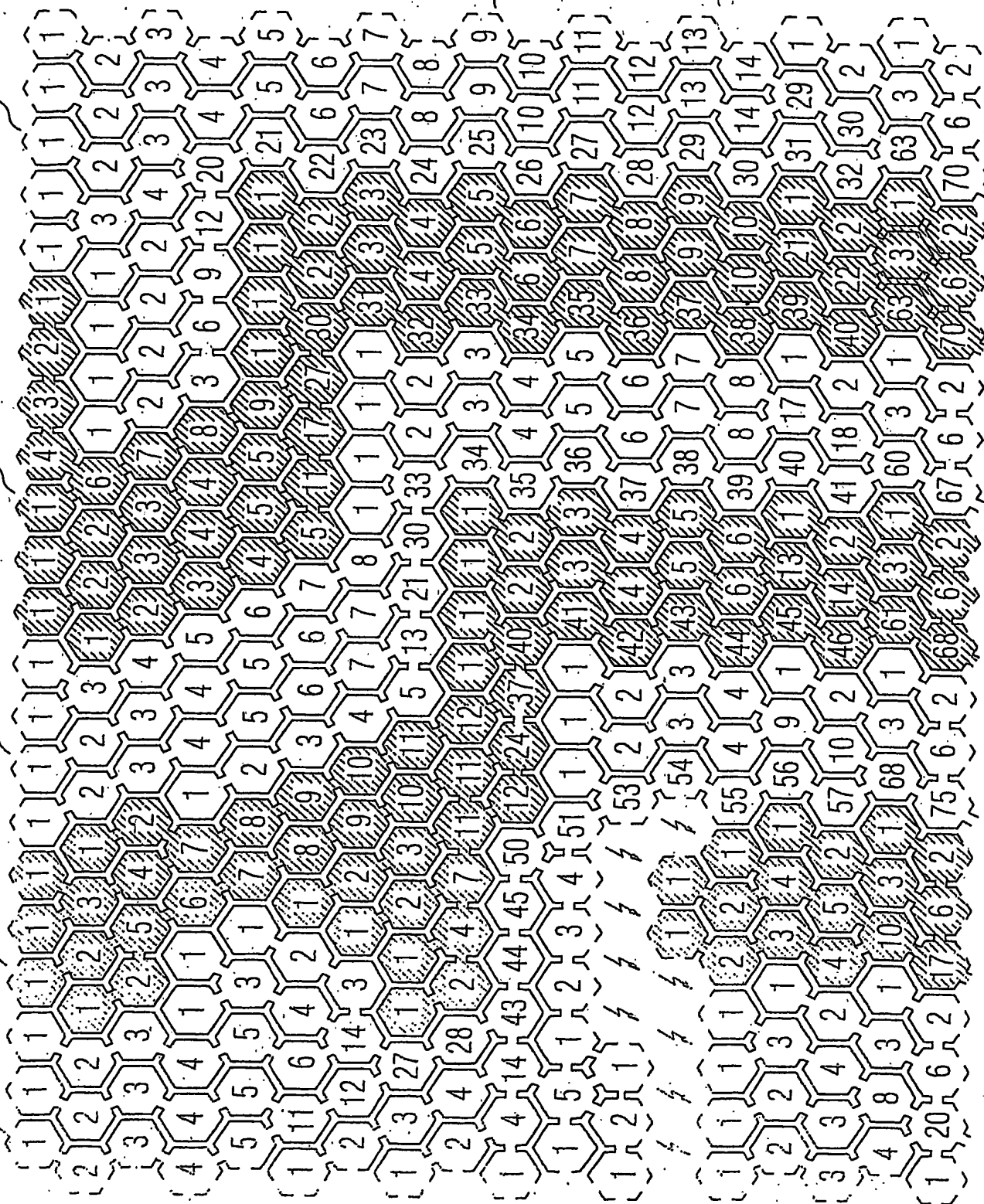


FIG 40



3801



20/30

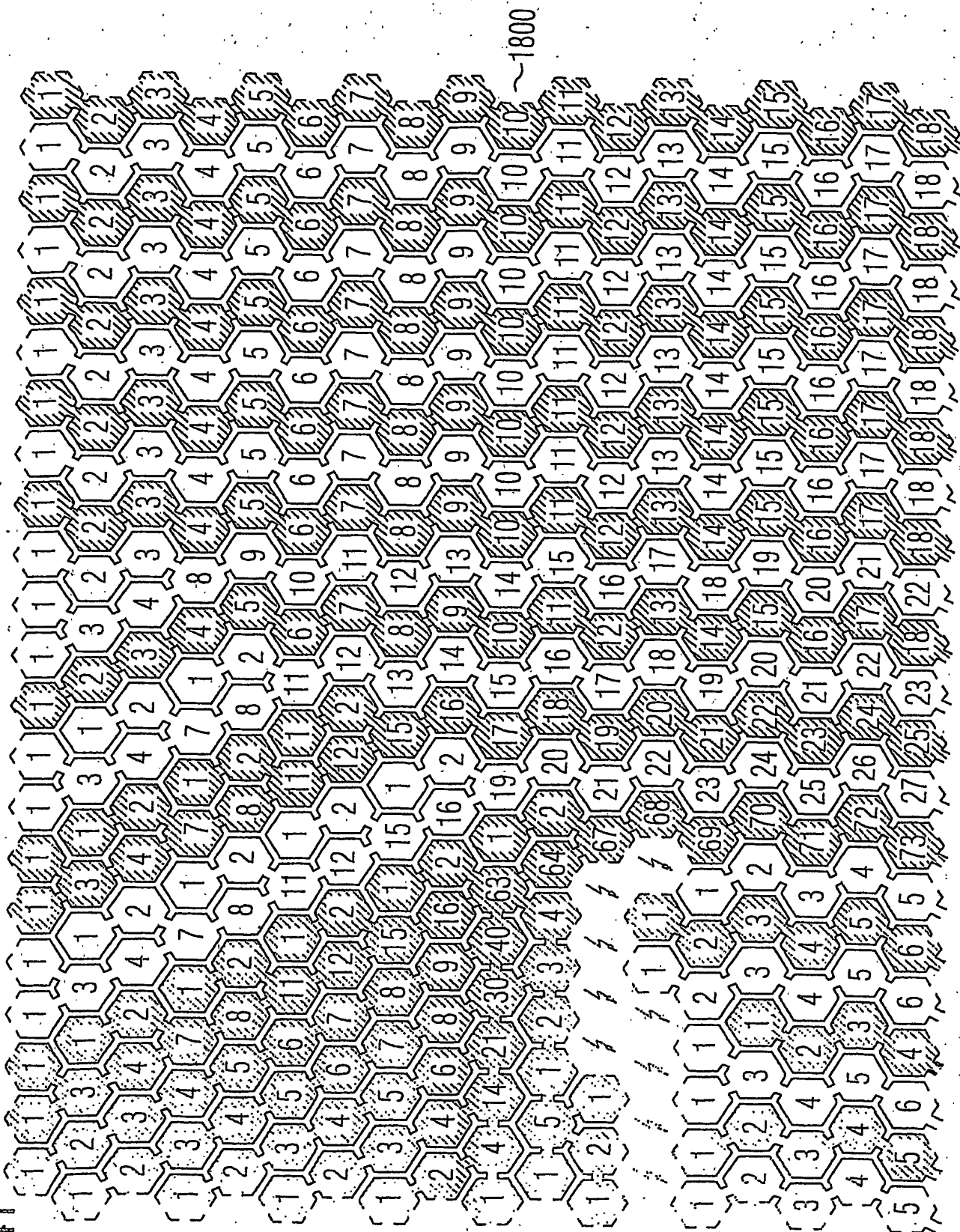
-2100

126

3901	3901	3901	3901	3901	3901
------	------	------	------	------	------



FIG 41

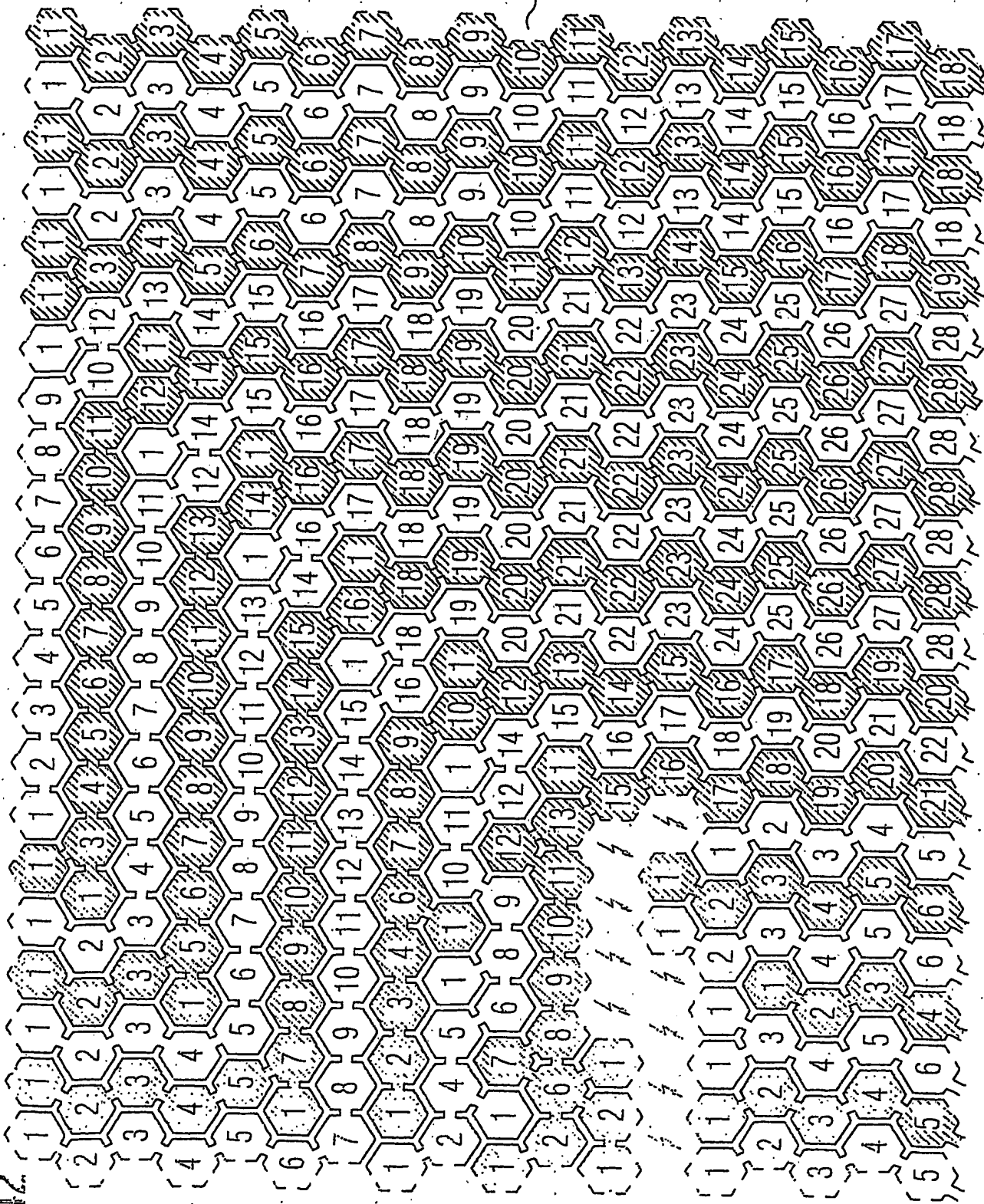


22180

1800

28

FIG 42



22/20

1800

10-12-03 129

24/30

13 c

FIG 43

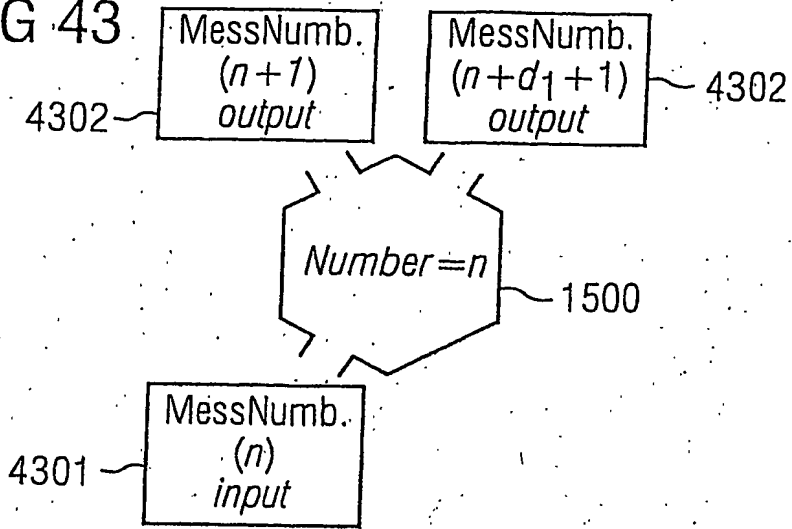


FIG 46

Beispiel: Routing-Tabelle Pixel Nr.123	
Nachrichtenummer n	Aktion
123	selbst Empfänger!
$124 \leq n \leq 135$	Versenden über Ausgang 1
$136 \leq n \leq 146$	Versenden über Ausgang 2
sonst	Fehler

4600

FIG 48

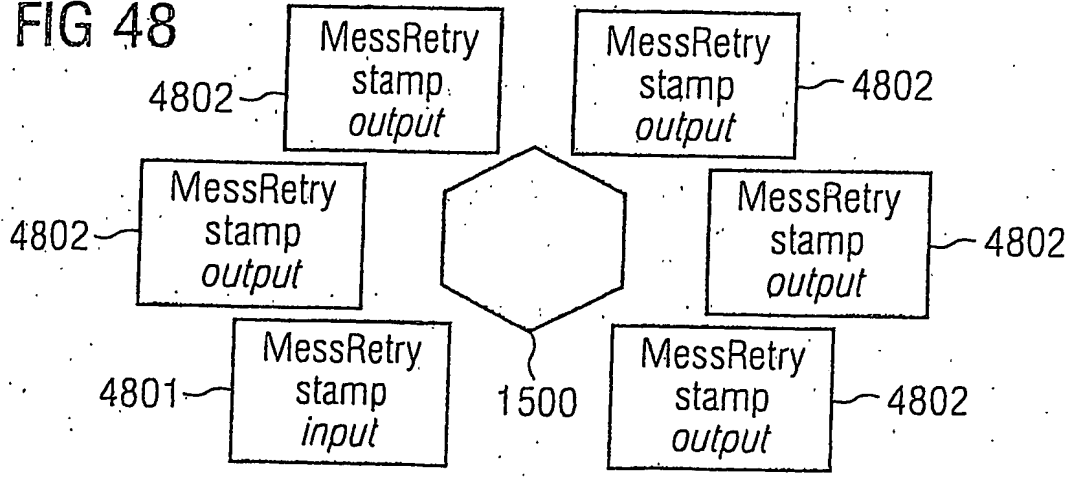


FIG 44

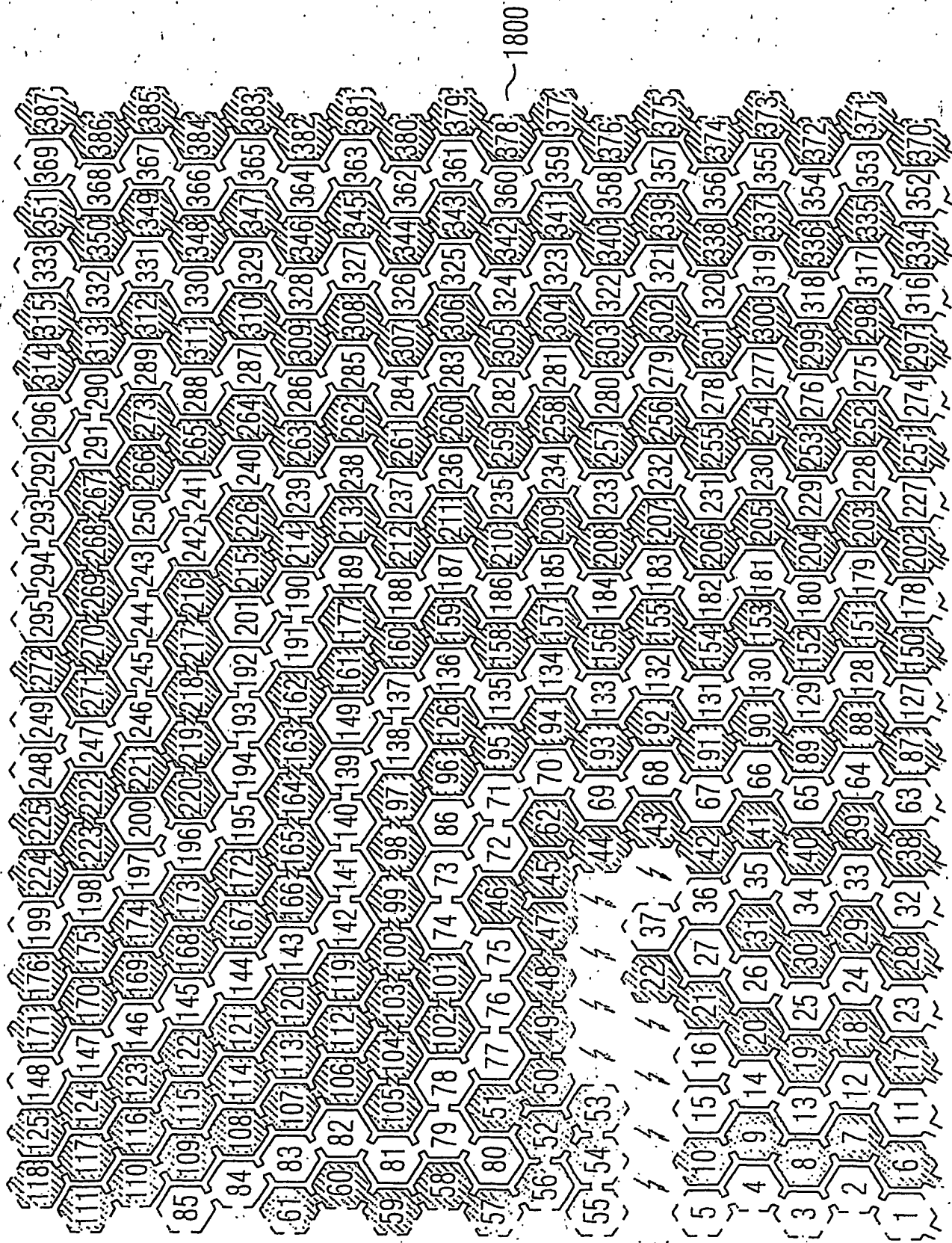
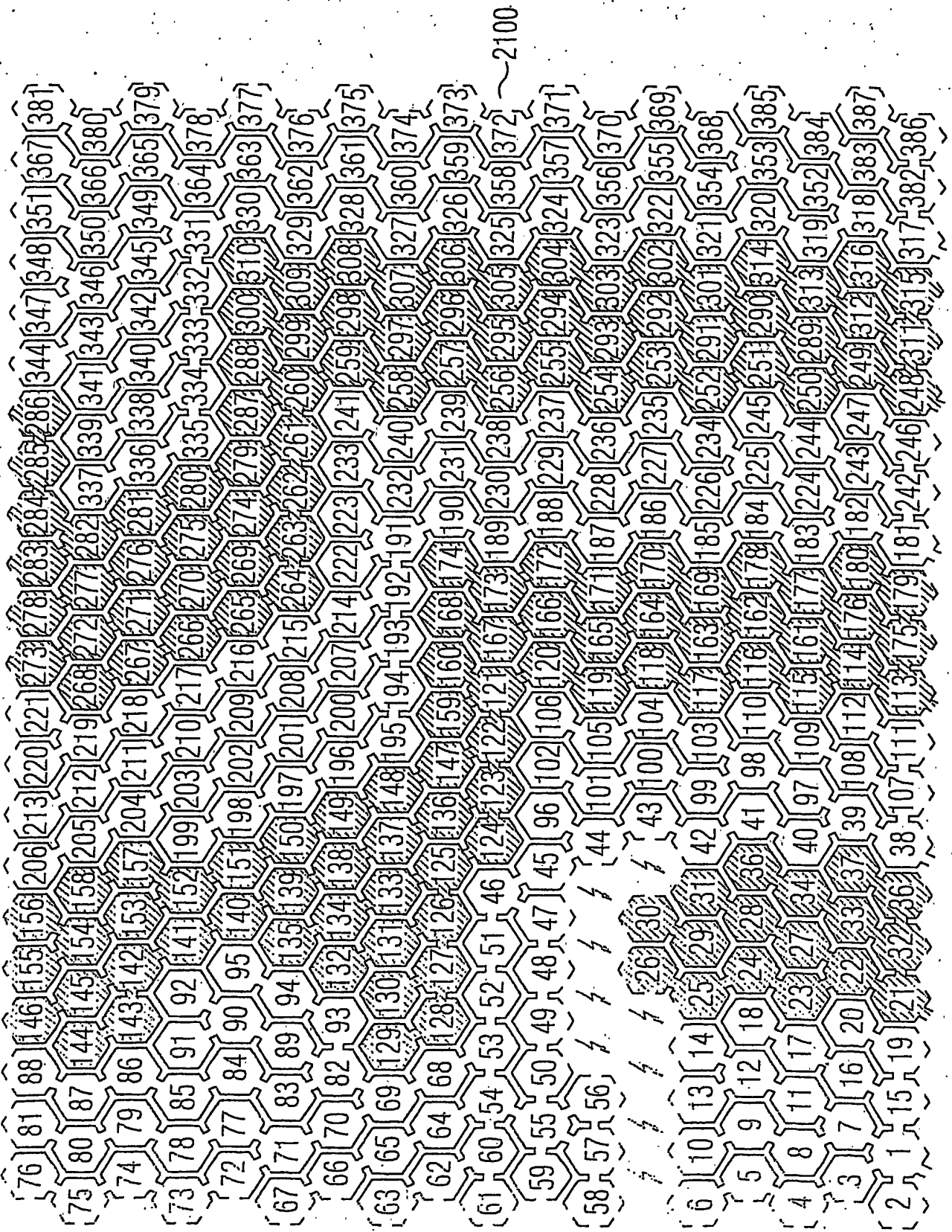


FIG 45



27130

133

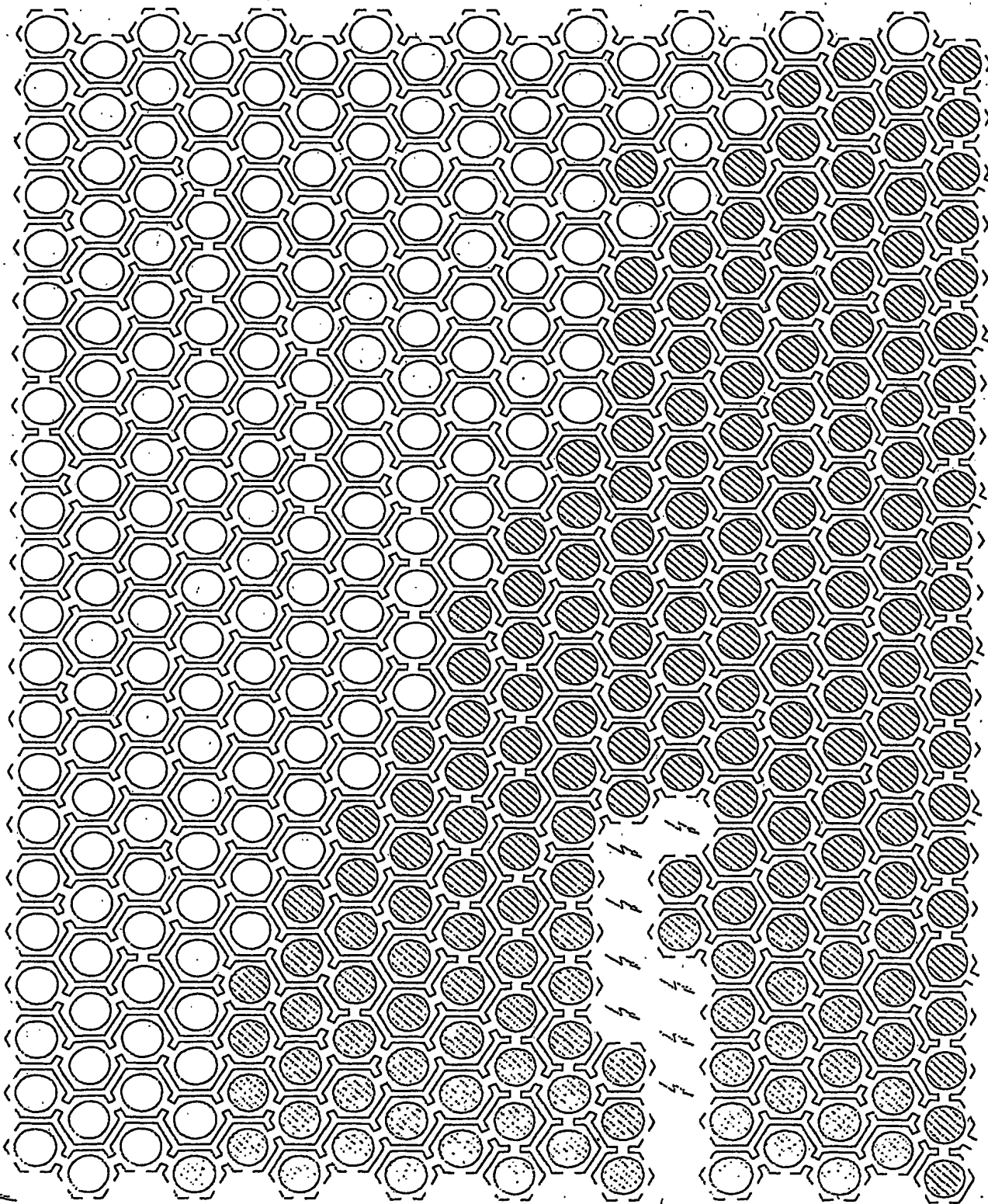
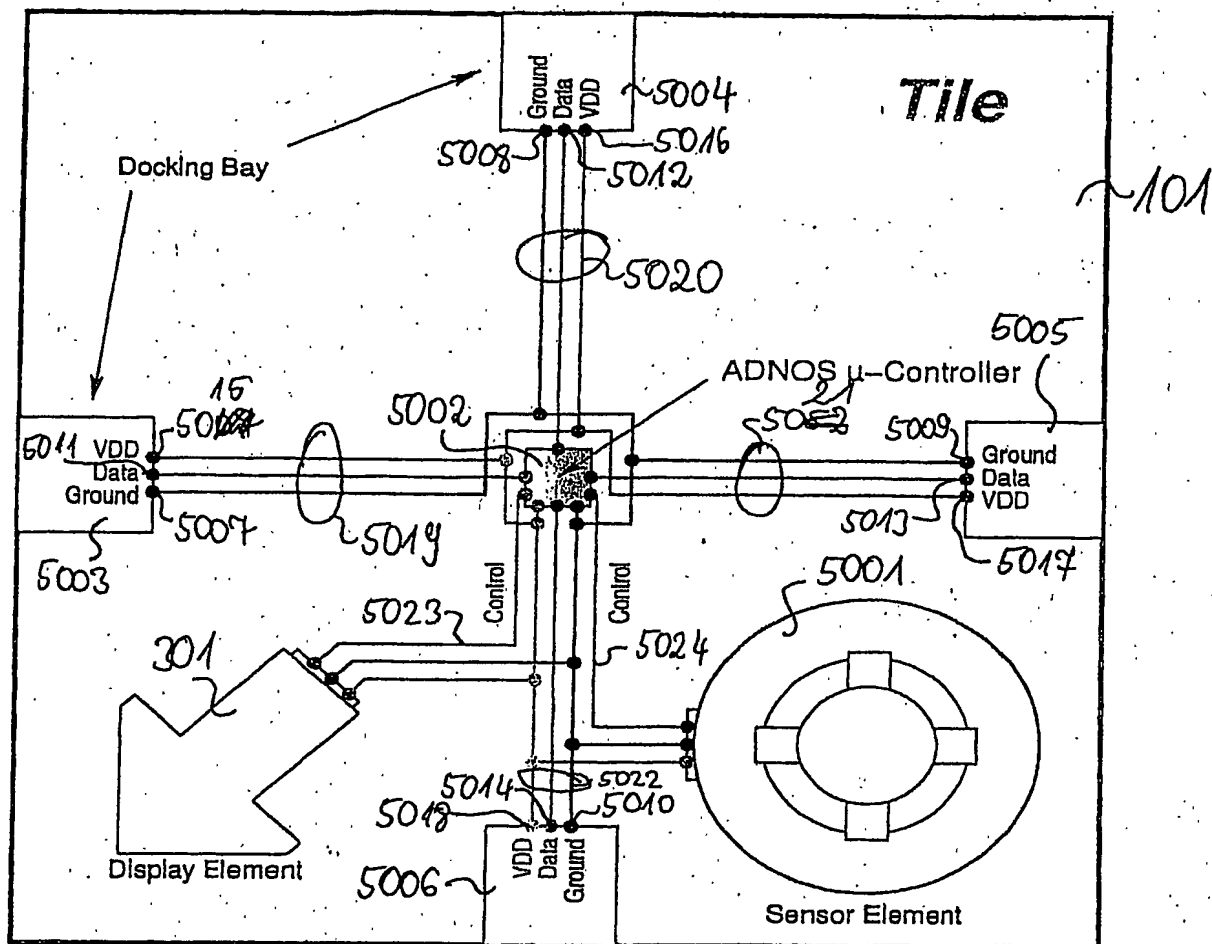


FIG 47

FIG 49

Nachricht	Parameter
MessBlock Token	Farbe, Farbabstand
MessChannel	-
MessColDistance	Farbe, Farbabstand
MessCollectinfo	Zeile, Spalte, Pixelnummer, Abstand, Farbabstand, Durchsatz
MessColOrganize	-
MessCountNodes	-
MessDeleteChannels	Stempel
MessDistance	Abstand
MessError	Pixelnummer, Verbindungsnummer
MessKoherenz	Richtung
MessNodesSize	Durchsatz
MessNumbering	Pixelnummer
MessOrganize	-
MessPosition	Zeile, Spalte
MessReset	-
MessRetry	Stempel
MessRGB	Pixelnummer, Rot, Grün, Blau
MessToken	Gewicht, Farbe

FIG 50



30130

136

FIG. 51

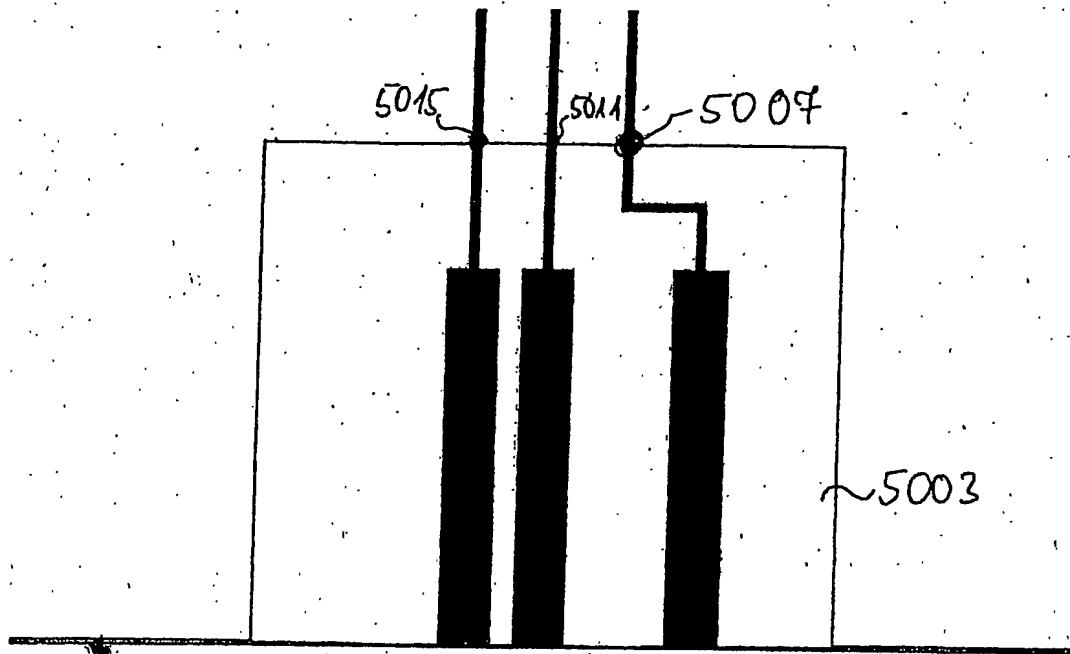


FIG. 52A

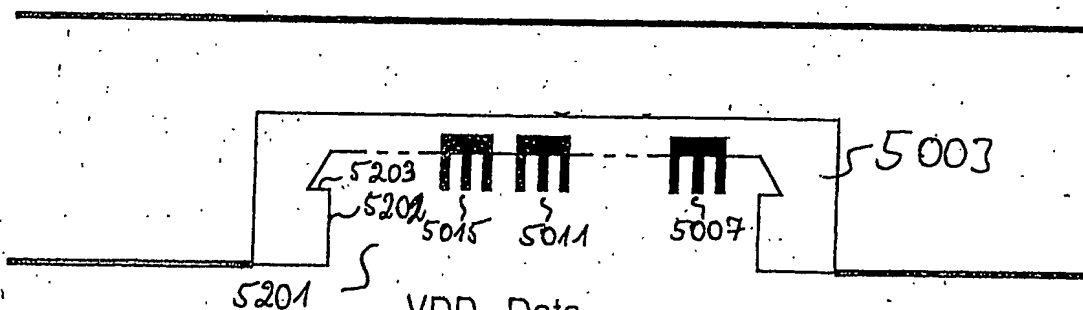


FIG. 52B

